

ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DE DEUX LACS DES LAURENTIDES FACE AU MYRIOPHYLLE À ÉPI
ET CHOIX DES MESURES À METTRE EN ŒUVRE POUR LUTTER CONTRE L'ESPÈCE ENVAHISSANTE DANS
LES DEUX LACS

Par
Alexandre Marchand-Thériault

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable
en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de madame Mélissa Laniel

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mai 2018

SOMMAIRE

Mots clés: myriophylle à épi, colonisation, prolifération, prévention, contrôle, éradication, vulnérabilité

L'objectif général de cet essai est d'évaluer les vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille face au myriophylle à épi et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante dans les deux lacs. Les objectifs spécifiques sont les suivants : 1) réaliser une revue de littérature documentant les causes de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau, les impacts de l'espèce envahissante et les différentes stratégies de prévention et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi testées au Québec; 2) analyser la vulnérabilité des deux lacs face à l'espèce envahissante; 3) effectuer une analyse critique, grâce à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision mettant en relation les facteurs de vulnérabilité des lacs ainsi que les avantages et les inconvénients des différentes stratégies préventives et des méthodes de contrôle et d'éradication, permettant de déterminer et de choisir les stratégies et les méthodes applicables pour lutter contre le myriophylle à épi pour les 2 lacs; 4) expliciter l'application et le suivi de la mise en œuvre des mesures choisies.

Le myriophylle à épi est une espèce aquatique exotique envahissante qui engendre des impacts environnementaux, sociaux et économiques sur les plans d'eau au Québec causés par sa colonisation et sa prolifération dans les plans d'eau. La colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau est causée par l'humain, par le transport d'un lac à l'autre d'embarcations contenant des résidus de myriophylle à épi. Les conditions naturelles, les apports anthropiques en phosphore et en azote dans les lacs et la fragmentation des tiges de myriophylle à épi par les embarcations nautiques contribuent au développement et à la prolifération de l'espèce envahissante dans les lacs. Des stratégies préventives, des méthodes de contrôle et d'éradication ont été testées au Québec pour apporter des solutions.

L'analyse de la vulnérabilité des deux lacs face au myriophylle à épi et l'élaboration d'un outil d'aide à la décision tenant compte de la vulnérabilité des lacs et des stratégies et méthodes pour lutter contre le myriophylle à épi, ont permis de déterminer les mesures à mettre en œuvre pour apporter des solutions à la problématique de l'espèce envahissante dans les deux lacs et d'atteindre l'objectif général de l'essai. Les mesures retenues consistent principalement à instaurer et à améliorer la réglementation et les stratégies de sensibilisation des usagers des lacs face à la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi et à installer des barrières en jute et en géotextile afin d'éradiquer le myriophylle à épi.

ABSTRACT

Key words: Eurasian Watermilfoil, colonization, proliferation, prevention, control, eradication, vulnerability

The main objective of this essay is to assess the vulnerabilities of two lakes (Lac à la Truite and Lac Quenouille) regarding Eurasian Watermilfoil and to propose preventive strategies and control and eradication methods to implement to fight Eurasian Watermilfoil in both lakes. The specific objectives are: 1) To carry out a review of the literature on the causes of the colonization and the proliferation of Eurasian Watermilfoil in the lakes, the impacts of the invasive species and the different control and eradication methods for the Eurasian Watermilfoil tested in Québec; 2) To analyze the vulnerability of both lakes to the invasive species; 3) To analyze with decision support tools, the relationship between the vulnerability factors of the lakes and the characteristics of the preventive strategies as well as the control and eradication methods, to choose the relevant strategies and methods for both lakes to fight Eurasian Watermilfoil; 4) To explain the application and the follow-up of the chosen measures.

Eurasian Watermilfoil is an aquatic invasive species that generates many negative environmental, social and economic impacts on Québec lakes caused by its colonization and its proliferation in the lakes. The colonization of Eurasian Watermilfoil in the lakes is caused by the intake of the invasive species' fragments in the lakes that have been transported from infested lakes by boaters' crafts. Ecosystems natural conditions can generate Eurasian Watermilfoil's development, but human contribution in phosphorus and nitrogen in lakes, in addition to Eurasian Watermilfoil's stem fragmentation caused by boats, strongly contribute to the development, the proliferation and the spread of the species in lakes. Many preventive strategies, control and eradication methods to fight Eurasian Watermilfoil have been tested in Québec to address this issue.

The vulnerability analysis of both lakes and the elaboration of decision support tools, that consider the vulnerabilities of the lakes as well as the strategies and methods to fight Eurasian Watermilfoil, have allowed to choose measures to implement to fight Eurasian Watermilfoil in both lakes contexts and to reach the main objective of the essay. The chosen measures for both lakes mainly consist in the creation of the regulation as well as the sensitization strategies for the lakes users on the colonization and the proliferation of the invasive species, and to insure the installation of barriers to eradicate the species.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d’abord à remercier ma directrice d’essai Mélissa Laniel pour le temps précieux qu’elle a consacré et l’aide judicieuse qu’elle m’a apportée tout au long de mon parcours dans la réalisation de cet essai. Son accompagnement, ses commentaires et ses idées m’ont guidé avec confiance dans la réalisation de chaque étape de cette étude et ils ont permis d’enrichir et d’améliorer mon essai afin de fournir un rendu le plus complet et pertinent possible afin d’outiller les acteurs ciblés par le contenu de l’essai.

J’aimerais aussi remercier ma conseillère pédagogique Judith Vien qui m’a bien conseillé et dirigé dans les premières étapes de mon cheminement concernant mon sujet d’étude et la structure que pourrait prendre ma production de fin d’études.

J’aimerais remercier les enseignants et les enseignantes du Centre universitaire de formation en environnement et développement durable qui ont alimenté ma passion pour les diverses sphères du domaine de l’environnement, qui m’ont transmis des connaissances et qui m’ont permis de développer des compétences qui m’ont été très utiles dans la rédaction de cet essai.

Je voudrais enfin remercier mes parents, Daniel et Nathalie, ainsi que ma copine Erica, qui m’ont supporté tout au long de ma rédaction. Leurs conseils, points de vue, relectures et leur support moral m’ont permis d’atteindre les objectifs que je m’étais fixés et de réaliser cet essai avec mon plein potentiel.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE DE LA PROBLÉMATIQUE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC.....	4
2 PHYSIOLOGIE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI	5
3 DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC	6
4 CAUSES DE L'INTRODUCTION, DE LA COLONISATION ET DE LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC.....	7
4.1 Contextes et caractéristiques favorables à la prolifération du myriophylle à épi.....	7
4.1.1 Contexte environnemental physique favorable à la prolifération de l'espèce envahissante	7
4.1.2 Contexte environnemental chimique favorable à la prolifération de l'espèce envahissante	8
4.1.3 Avantages conférés par les caractéristiques physiologiques de l'espèce envahissante.....	9
4.2 Causes humaines responsables de l'introduction, de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi	9
4.2.1 Causes humaines responsables de l'introduction du myriophylle à épi.....	9
4.2.2 Causes humaines responsables de la colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau.....	10
4.2.3 Causes humaines responsables de la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau.....	10
4.3 Conclusion partielle	11
5 IMPACTS DU MYRIOPHYLLE À ÉPI DANS LES PLANS D'EAU AU QUÉBEC.....	13
5.1 Impacts environnementaux du myriophylle à épi	13
5.2 Impacts sociaux du myriophylle à épi.....	14
5.3 Impacts économiques du myriophylle à épi	16
5.4 Conclusion partielle	17
6 INVENTAIRE DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES PRÉVENTIVES, MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION TESTÉES AU QUÉBEC ET EN AMÉRIQUE DU NORD POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI	19
6.1 Stratégies de prévention contre le myriophylle à épi.....	19
6.1.1 Stratégies de prévention contre la colonisation du myriophylle à épi	20
6.1.2 Stratégies de prévention contre la prolifération du myriophylle à épi.....	21
6.2 Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi.....	22
6.2.1 Méthodes physiques	23

6.2.2	Méthodes chimiques.....	26
6.2.3	Méthodes biologiques.....	27
6.3	Conclusion partielle	28
7	ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DU LAC À LA TRUITE ET DU LAC QUENOUILLE FACE À LA COLONISATION ET LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI.....	29
7.1	Analyse de la vulnérabilité du lac à la Truite	29
7.1.1	Contexte humain favorisant la colonisation du myriophylle à épi	30
7.1.2	Contexte naturel et humain favorisant la prolifération du myriophylle à épi.....	31
7.1.3	État d'avancement de la prolifération du myriophylle à épi et impacts engendrés.....	34
7.2	Analyse de la vulnérabilité du lac Quenouille.....	35
7.2.1	Contexte humain favorisant la colonisation du myriophylle à épi	36
7.2.2	Contexte naturel et humain favorisant la prolifération du myriophylle à épi.....	37
7.2.3	Contexte ne favorisant pas la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi.....	39
7.2.4	État d'avancement de la prolifération du myriophylle à épi et impacts engendrés.....	41
7.3	Conclusion partielle	42
8	ÉLABORATION D'UN OUTIL D'ANALYSE D'AIDE À LA DÉCISION PERMETTANT D'ÉVALUER LES VULNÉRABILITÉS DES PLANS D'EAU FACE AU MYRIOPHYLLE À ÉPI ET DE DÉTERMINER LES STRATÉGIES PRÉVENTIVES ET LES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À APPLIQUER.....	44
8.1	Méthode de l'analyse critique	44
8.2	Description des critères d'analyse choisis	45
8.3	Présentation de l'outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les mesures à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi.....	47
8.4	Conclusion partielle	53
9	ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC À LA TRUITE ET DU LAC QUENOUILLE FACE AU MYRIOPHYLLE À ÉPI ET CHOIX DES STRATÉGIES PRÉVENTIVES ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À APPLIQUER POUR LUTTER CONTRE L'ESPÈCE ENVAHISSANTE DANS LES DEUX LACS	54
9.1	Évaluation de la vulnérabilité des deux lacs	54
9.2	Stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi.....	54
9.2.1	Cas du lac à la Truite.....	55
9.2.2	Cas du lac Quenouille	57
9.3	Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi	59
9.3.1	Cas du lac à la Truite.....	59

9.3.2	Cas du lac Quenouille.....	62
9.4	Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi.....	64
9.4.1	Cas du lac à la Truite.....	65
9.4.2	Cas du lac Quenouille.....	66
9.5	Anticipation des impacts de l'application des stratégies et méthodes choisies pour les deux lacs.....	68
9.6	Conclusion partielle	69
CONCLUSION		71
RÉFÉRENCES		73
ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI		78
ANNEXE 2 : SYNTHÈSE DES FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ DES PLANS D'EAU FACE À LA COLONISATION ET LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI.....		83
ANNEXE 3 : ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC À LA TRUITE ET CHOIX DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À METTRE EN ŒUVRE AU LAC POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI.....		85
ANNEXE 4 : ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC QUENOUILLE ET CHOIX DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À METTRE EN ŒUVRE AU LAC POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI		91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 8.1 Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer et de choisir les stratégies de prévention et les méthodes de contrôle et d'éradication applicables et recommandées pour lutter contre le myriophylle à épi dans les plans d'eau selon leurs vulnérabilités.....	45
--	----

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ABV7	Agence de bassin versant des 7
CaCO ₃	carbonate de calcium
COBALI	Comité du bassin versant de la rivière du lièvre
CQEEE	Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes
CRE Laurentides	Conseil régional de l'environnement des Laurentides
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
PAEE	plantes aquatiques exotiques envahissantes
psi	livre-force par pouce carré
2,4-D	acide 2,4-dichlorophenoxyacétique

INTRODUCTION

Depuis la révolution industrielle, les changements s'accroissent dans le développement technologique d'outils qui façonnent quotidiennement notre façon d'évoluer, d'agir et de penser. Ces changements ne sont pas uniquement concentrés sur le développement de l'humain, puisqu'ils influent aussi sur l'évolution de la planète, de ses écosystèmes et de sa biodiversité. Ainsi, nos façons d'exploiter les ressources naturelles modifient les écosystèmes et les espèces doivent s'adapter pour survivre à la destruction et aux changements climatiques encourus. Certaines espèces tirent avantage de ces changements et profitent de la situation au détriment des autres espèces. Ces espèces sont qualifiées d'envahissantes et elles sont exotiques si transportées à l'extérieur de leur lieu d'origine. L'humain, par son développement exponentiellement prononcé depuis une centaine d'années, joue un rôle crucial dans le mouvement des espèces envahissantes, notamment par les déplacements intercontinentaux plus fréquents et plus faciles (Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes (CQEEE), 2014; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2017a).

Au Québec, une espèce aquatique exotique envahissante cause de plus en plus de problèmes dans les écosystèmes lacustres : le myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*). L'espèce envahissante génère de nombreux effets négatifs à l'échelle de plusieurs enjeux. Ainsi, en plus d'engendrer des impacts environnementaux néfastes, les sphères sociales et économiques subissent les conséquences de l'implantation et de la prolifération de l'espèce dans la province (Comité du bassin versant de la rivière du lièvre (COBALI), 2016). Des stratégies préventives et des méthodes de contrôle et d'éradication sont envisagées et appliquées au Québec depuis quelques années pour prévenir et stopper le développement de l'espèce envahissante. Le succès de celles-ci varie selon plusieurs facteurs puisque les différents milieux d'implantation du myriophylle à épi ont des vulnérabilités différentes; c'est-à-dire qu'ils possèdent leurs caractéristiques distinctes qui influencent le développement du myriophylle à épi et la possibilité d'appliquer les diverses stratégies et mesures qui, selon leurs avantages et leurs inconvénients, sont conciliables ou non aux différents contextes (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; Michon, 2015). Cet essai a pour objectif général d'évaluer les vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille face au myriophylle à épi et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante dans les deux lacs. Les deux lacs sont situés dans les Laurentides, soit à Sainte-Agathe-des-Monts pour le lac à la Truite (Denis-Blanchard et Carignan, 2013) et sur les territoires de trois municipalités, soit Lac-Supérieur, Val-des-Lacs et Sainte-Agathe-des-Monts, pour le lac Quenouille (Carignan, 2017). Les objectifs spécifiques de l'étude

qui représentent les piliers dont découle la méthodologie de l'essai sont les suivants : réaliser une revue de littérature documentant les causes de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau, les impacts de l'espèce envahissante et les différentes stratégies de prévention et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi testées au Québec; analyser la vulnérabilité des deux lacs face à l'espèce envahissante; effectuer une analyse critique, grâce à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision mettant en relation les facteurs de vulnérabilité des lacs ainsi que les avantages et les inconvénients des différentes stratégies préventives et des méthodes de contrôle et d'éradication, permettant de déterminer et de choisir les stratégies et les méthodes applicables pour lutter contre le myriophylle à épi pour les deux lacs; expliciter l'application et le suivi de la mise en œuvre des mesures choisies.

Afin d'atteindre les objectifs énumérés précédemment, cet essai comporte neuf chapitres. Le premier chapitre présente une mise en contexte de la problématique du myriophylle à épi au Québec. Au deuxième et au troisième chapitre, on retrouve une description et une explication de la physiologie du myriophylle à épi ainsi que sa distribution géographique au Québec. Par la suite, au quatrième chapitre sont décrites et expliquées les causes de l'introduction, de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi au Québec. Le cinquième chapitre présente les impacts associés à la présence du myriophylle à épi dans les plans d'eau au Québec et le sixième chapitre décrit un inventaire des différentes stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi testées au Québec et en Amérique du Nord. Ensuite, sont présentés au septième chapitre les contextes naturels et humains du lac à la Truite et du lac Quenouille ainsi qu'une analyse de leurs vulnérabilités face à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi. Le huitième chapitre présente une analyse de l'information récoltée menant à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau face au myriophylle à épi et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante. Finalement, au neuvième chapitre sont évaluées les vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille et sont déterminées les mesures à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi pour les deux lacs par l'entremise de l'outil d'aide à la décision. Enfin, sont explicitées l'application, le suivi et les impacts potentiels de la mise en œuvre des stratégies préventives et des méthodes de contrôle et d'éradication choisies pour le lac à la Truite et le lac Quenouille.

Une recherche d'information secondaire qui prend la forme d'une revue de la littérature (sites web, articles de périodique, rapport de recherche, publication gouvernementale, mémoire, etc.) a été effectuée pour trouver les informations permettant de réaliser chaque chapitre. Les informations ont été recherchées à l'échelle du Québec principalement, mais également de l'Amérique du Nord. Les recherches ont été effectuées en français et en anglais pour maximiser les résultats et elles sont limitées dans le temps à des sources datant surtout du 21^e siècle pour obtenir de l'information récente. L'ampleur des recherches contiendra des sources crédibles, qui en plus des contraintes géographiques, linguistiques et temporelles énumérées, s'appuieront sur des sources gouvernementales, universitaires, rédigées par des organisations reconnues, etc., pour assurer la crédibilité et l'objectivité de l'information utilisée.

1 MISE EN CONTEXTE DE LA PROBLÉMATIQUE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC

Les changements climatiques, la dynamique des populations et la technologie des transports d'aujourd'hui entraînent des mouvements de masse autant chez l'humain que chez l'ensemble de la biodiversité. Les plantes exotiques envahissantes ne font pas exception à la règle. Ainsi, le myriophylle à épi est une plante aquatique exotique envahissante originaire d'Afrique et d'Eurasie (Pêches et Océans Canada, 2016) qui a su se développer dans les écosystèmes lacustres dans plusieurs régions du Québec, comme ailleurs en Amérique du Nord, au détriment des espèces indigènes (CQEEE, 2014). Depuis plusieurs années, le myriophylle à épi cause son lot de problèmes, devenant petit à petit une problématique majeure pour la santé des lacs au Québec. Bon nombre d'enjeux environnementaux, sociaux et économiques découlent de la colonisation et de la prolifération de la plante. Par exemple, la dominance de l'espèce dans la zone photique (zone du lac laissant passer la lumière du soleil et où la photosynthèse est possible), où bon nombre d'organismes vivent, nuit à la biodiversité (COBALI, 2016; Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2006). Également, la densité occupée par le myriophylle à épi peut restreindre les activités récréatives sur les lacs (COBALI, 2016), tout comme réduire la valeur des propriétés riveraines (Olivier, 2017). Ces impacts ne sont que quelques aspects d'une problématique qui prend de l'ampleur au Québec.

Pour tenter de freiner l'expansion de l'espèce aquatique exotique envahissante dans les lacs du Québec, des chercheurs et des organisations se sont récemment penchés sur les moyens de prévenir et de stopper la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi, ainsi que pour éradiquer l'espèce envahissante des plans d'eau. Différentes stratégies préventives et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi ont été déterminées dans divers contextes (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; Michon, 2015). Sachant que les contextes et les vulnérabilités des plans d'eau face au myriophylle à épi diffèrent dans les lieux où les différentes stratégies et méthodes ont été testées, il n'est pas toujours simple de savoir quelle mesure est la plus efficace dans quel contexte. La présente étude se penchera sur les cas du lac à la Truite et du lac Quenouille, tous deux situés dans les Laurentides, et permettra d'analyser quelles stratégies préventives et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi sont les plus appropriées dans ces contextes pour prévenir la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi et pour contrôler et éradiquer l'espèce envahissante.

2 PHYSIOLOGIE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI

Le myriophylle à épi est une plante aquatique submergée qui forme de denses étendues à la surface de l'eau (CQEEE, 2014; Nature-Action Québec, 2006). Ne dépassant généralement pas trois mètres de long, la plante envahissante peut pousser jusqu'à dix mètres de profondeur (Pêches et Océans Canada, 2016). Sa tige mince s'achemine jusqu'au fond des plans d'eau où il s'enracine (CQEEE, 2014; Nature-Action Québec, 2006). Ses feuilles vertes, divisées et plumeuses sont verticillées et on compte souvent quatre feuilles par verticille, qui eux sont chacun espacés de plus d'un centimètre les uns des autres. Ce qui distingue le myriophylle à épi des autres espèces du même type est son nombre de folioles en forme de plumes qui est toujours supérieur à douze par feuille. Des épis émergents de moins de 20 centimètres peuvent accueillir des fleurs rougeâtres verticillées (Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides), 2016).

3 DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC

Les années et les lieux exacts de l'introduction du myriophylle à épi en Amérique du Nord sont incertains. Au début des années 2000, la distribution du myriophylle à épi s'étendait sur la quasi-totalité des états américains (MFFP, 2006). L'espèce est présente au Québec depuis le premier quart du 20^e siècle (Agence de bassin versant des 7 (ABV7), s. d.; MDDELCC, 2017a). Il y a plus de 30 ans, au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique, le myriophylle à épi était déjà considéré comme étant une problématique importante. Ces trois provinces canadiennes semblent être les seules touchées à ce jour (MFFP, 2006). La colonisation du myriophylle à épi connaît une augmentation importante dans les lacs québécois, dont les derniers chiffres de sa distribution géographique font état de plus de 100 lacs et rivières infestés par l'espèce exotique envahissante, dont une quarantaine de lacs dans les Laurentides, 25 en Outaouais et près d'une vingtaine en Estrie (CRE Laurentides, 2016; MDDELCC, 2017b). Le fleuve Saint-Laurent est aussi affecté (MDDELCC, 2017b). Le myriophylle à épi a un taux de prolifération généralement important aux endroits qu'il colonise et ses dommages peuvent donc être considérables (ABV7, s. d.; MFFP, 2006).

4 CAUSES DE L'INTRODUCTION, DE LA COLONISATION ET DE LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI AU QUÉBEC

De nombreuses raisons expliquent la présence du myriophylle à épi au Québec, tout comme ailleurs en Amérique du Nord. L'espèce exotique envahissante a su s'implanter dans plusieurs plans d'eau au Québec en raison de conditions propices à son développement et en raison d'activités humaines sur les plans d'eaux ou en périphérie. Le terme colonisation sera utilisé pour désigner l'implantation d'une espèce dans un lieu donné, tandis que le terme prolifération sera utilisé pour désigner la multiplication et la dispersion d'une espèce dans un lieu qu'elle a colonisé. Dans la présente étude, il convient d'expliquer les contextes qui favorisent la prolifération du myriophylle à épi ainsi que des causes humaines à l'origine de son introduction au Québec et de sa colonisation et de sa prolifération dans les plans d'eau pour comprendre l'ampleur de son développement (MFFP, 2006). Ce chapitre permettra d'amorcer le processus de réflexion sur les éléments sur lesquels il faudra agir pour apporter des solutions à la problématique du myriophylle à épi au lac à la Truite et au lac Quenouille.

4.1 Contextes et caractéristiques favorables à la prolifération du myriophylle à épi

Les raisons qui permettent au myriophylle à épi de se développer aussi facilement sont son adaptabilité aux conditions variables de son environnement ainsi que ses caractéristiques physiologiques qui lui confèrent un avantage sur les autres espèces (MFFP, 2006; Sébire, 2015). Ainsi, la nature de ces éléments influence la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques.

4.1.1 Contexte environnemental physique favorable à la prolifération de l'espèce envahissante

La profondeur des plans d'eau est un paramètre physique influençant le développement du myriophylle à épi. En raison de leurs faibles profondeurs, les mares, étangs et lacs peu profonds constituent des environnements propices au développement du myriophylle à épi. L'espèce envahissante se développe aisément à des profondeurs qui varient entre 50 centimètres et trois mètres et demi (ABV7, s. d.). Les lacs et rivières plus profonds ne sont pas moins à risque d'être envahis par la plante dans leurs zones littorales. En effet, le myriophylle à épi, comme les autres plantes aquatiques, peut se développer dans les couches d'un plan d'eau qui laisse passer la lumière du soleil. La présence de lumière est l'une des conditions lui permettant d'effectuer la photosynthèse (MFFP, 2006). Un plan d'eau ayant une transparence élevée permet au myriophylle à épi de pousser à des profondeurs plus grandes, tandis qu'il se restreint à pousser à de faibles profondeurs lorsque l'eau n'est pas claire (Smith et Barko, 1990). Les variations en température dans l'eau ne sont quant à elles pas des obstacles à sa croissance, lui qui peut croître et effectuer la

photosynthèse dès que les températures franchissent quinze degrés Celsius. Même les hivers québécois n'arrivent pas à bout de l'espèce envahissante. Sa croissance maximale s'effectue quand la température de l'eau se situe entre 30 et 35 degrés Celsius (ABV7, s. d.; Smith et Barko, 1990). Également, la conductivité spécifique d'un plan d'eau est un bon indicateur de la vulnérabilité du lieu face à la prolifération du myriophylle à épi. Cette donnée permet de constater qu'une conductivité spécifique supérieure à 75 μS par centimètre est une condition favorable au développement de l'espèce envahissante (CRE Laurentides et Carignan, 2017).

4.1.2 Contexte environnemental chimique favorable à la prolifération de l'espèce envahissante

Parmi les paramètres chimiques qui ont un impact sur le développement du myriophylle à épi, on compte la salinité de l'eau. Une eau ayant une salinité inférieure à quinze pour cent favorise la prolifération du myriophylle à épi (MFFP, 2006). L'espèce envahissante peut se développer et résister à des conditions où les eaux sont acides (ABV7, s. d.), bien qu'elle préfère une eau légèrement basique (MDDELCC, 2017a). Le myriophylle à épi parvient à se développer lorsque l'alcalinité varie entre douze et 102,5 milligrammes de carbonate de calcium (CaCO_3) par litre (MFFP, 2006). Les sédiments de texture fine composé de dix à 25 pour cent de matière organique favorise davantage son développement. Bien qu'il privilégie les environnements riches en éléments nutritifs, le myriophylle à épi réussit à croître en présence de nutriments en faibles concentrations. L'espèce envahissante, qui est majoritairement indifférente au phosphore présent dans l'eau, parvient à récupérer le phosphore présent dans les sédiments et l'azote par l'intermédiaire de son système racinaire, qui lui permettent de proliférer. Ces deux éléments, qui sont limitants au développement du myriophylle à épi, jouent donc un rôle clé dans sa croissance (MDDELCC, 2017a; MFFP, 2006). Un environnement riche en calcium (plus de six milligrammes par litre) et en sodium engendre des conditions de croissance optimales pour le myriophylle à épi selon une récente étude comparant les paramètres physicochimiques et biologiques de lacs affectés et non affectés par le myriophylle à épi dans les Laurentides et dans le Parc national du Mont-Tremblant (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Ces deux éléments sont des cations et ils sont désignés comme majeurs lorsqu'ils représentent la quasi-totalité des cations présents dans l'eau. Lorsqu'une telle situation se produit, la présence d'anions majeurs dans l'eau tels que le bicarbonate, le carbonate, le sulfate et le chlorure est déduite puisqu'ils permettent de compenser la charge positive des cations afin que l'eau soit électriquement neutre. Le bicarbonate et le carbonate sont utilisés par le myriophylle à épi comme source de carbone inorganique pour effectuer la photosynthèse (CRE Laurentides et Carignan, 2017).

4.1.3 Avantages conférés par les caractéristiques physiologiques de l'espèce envahissante

En plus d'avoir une forte adaptabilité aux contextes environnementaux et climatiques, le myriophylle à épi possède des traits génétiques et physiologiques qui génèrent un contexte lui permettant de proliférer facilement dans les plans d'eau. Sa croissance rapide et précoce par rapport aux autres espèces aquatiques végétales, lui permet d'accaparer l'espace et les ressources qui deviennent moins disponibles aux autres plantes aquatiques. Le myriophylle à épi obtient donc la majorité des éléments nutritifs disponibles qui lui permettent encore plus de prospérer. Il parvient même à s'étendre à un point tel que la lumière du soleil nécessaire à la photosynthèse des autres espèces est bloquée ou restreinte. L'espèce aquatique exotique envahissante parvient également à proliférer facilement par son mode de reproduction sexuée en dispersant ses graines par l'intermédiaire du courant (Sébire, 2015).

4.2 Causes humaines responsables de l'introduction, de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi

Bien que certains contextes favorisent le développement du myriophylle à épi dans plusieurs plans d'eau au Québec, il n'en demeure pas moins que sans l'intervention humaine, l'espèce exotique envahissante n'aurait probablement pas été introduite au Québec. En effet, le myriophylle à épi a dû traverser les océans afin d'être introduit en Amérique et le développement en matière de transport intercontinental dans les siècles derniers a très possiblement sa part de responsabilité dans le déplacement du myriophylle à épi à une telle échelle de grandeur, tout comme d'autres facteurs humains (CQEEE, 2014). L'humain a donc une incidence sur la vulnérabilité des plans d'eau face à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi. Il convient de distinguer les causes humaines liées à l'introduction du myriophylle à épi en Amérique du Nord et au Québec, des causes humaines favorisant sa colonisation dans les plans d'eau et des causes humaines favorisant sa prolifération dans les plans d'eau.

4.2.1 Causes humaines responsables de l'introduction du myriophylle à épi

Les causes d'introduction du myriophylle à épi dans les plans d'eau en Amérique du Nord et au Québec jouent un rôle primaire dans les problématiques rattachées à l'espèce envahissante. Sans elles, l'ensemble des enjeux seraient inexistantes puisque l'espèce serait absente. Il est donc possible de considérer les causes d'introduction comme une amorce au problème. Il est réaliste d'entrevoir que l'une des causes primaires de la problématique du myriophylle à épi est le déplacement de l'espèce envahissante de l'Eurasie et de l'Afrique vers l'Amérique, puis vers le Québec. Il est estimé que le myriophylle à épi est présent au Québec depuis environ une centaine d'années (MDDELCC, 2017a; Pêches et Océans

Canada, 2016). Les navires pourraient avoir transportés vers la côte est américaine le myriophylle à épi dans leurs ballasts et leurs lests (CQEEE, 2014; MDDELCC, 2017a). Puis, d'autres facteurs pourraient avoir contribué à l'introduction de l'espèce envahissante sur le continent américain et au Québec. Une hypothèse retenue est le déversement dans les plans d'eau québécois du contenu d'aquariums à l'intérieur desquels était présent le myriophylle à épi (MDDELCC, 2017a).

4.2.2 Causes humaines responsables de la colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau

La colonisation de l'espèce envahissante dans les plans d'eau québécois s'effectue actuellement en grande partie par les plaisanciers et les pêcheurs. En effet, ceux qui transportent leur embarcation et leur équipement¹ d'un lac à l'autre peuvent transporter des résidus de végétaux qui restent accrochés à leur matériel. Les résidus de végétaux provenant d'un lac, tels que des résidus de myriophylle à épi, peuvent ainsi être propagés dans un autre lac (ABV7, s. d.; MFFP, 2006). Il est estimé que la majorité des cas de colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau est causée par ce genre de situation (Ministry of Environment Ministry of British Columbia, 2011). Le fait d'omettre de nettoyer son équipement et son embarcation avant leur transport d'un plan d'eau à l'autre accroît les risques que le myriophylle à épi colonise de nouveaux milieux (Olivier, 2017). Les rampes de mises à l'eau publiques sur les berges des lacs facilitent le transport d'une embarcation d'un plan d'eau à un autre et elles contribuent donc indirectement à la colonisation du myriophylle à épi dans de nouveaux plans d'eau (Lavoie, 2017). Les hydravions et les oiseaux peuvent également transporter des résidus de myriophylle à épi et ainsi propager l'espèce dans de nouveaux plans d'eau (ABV7, s. d.).

4.2.3 Causes humaines responsables de la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau

En plus de jouer un rôle dans la colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau au Québec, l'humain favorise aussi sa prolifération à l'intérieur des plans d'eau. Il est vrai que la prolifération du myriophylle à épi puisse s'effectuer naturellement par la reproduction sexuée, qui implique la formation de graines, mais celle-ci joue un rôle minime dans la multiplication de l'espèce (MFFP, 2006). Bien que la reproduction asexuée du myriophylle à épi puisse s'effectuer naturellement, par la division de la plante par les oiseaux, le vent, les vagues, etc., l'utilisation d'embarcations motorisées peut augmenter la fréquence de celle-ci. En effet, l'espèce envahissante se reproduit principalement par fragmentation de la tige et les hélices des moteurs, les lignes des pêcheurs, etc., peuvent engendrer le sectionnement de la plante envahissante

¹ La principale cause de colonisation est liée aux embarcations. D'autres équipements nautiques (ex. : équipement de pêche) peuvent aussi y contribuer.

lorsque celle-ci s'y accroche. Chaque fragment produit peut générer un nouveau plan et ainsi la multiplication de l'espèce envahissante dans un plan d'eau peut s'effectuer très rapidement (ABV7, s. d.; MFFP, 2006). La diffusion des fragments au sein d'un plan d'eau peut s'effectuer naturellement par le courant et les espèces aquatiques ou par l'humain par les embarcations (MDDELCC, 2017a). Ainsi, la quantité d'embarcations sur un plan d'eau et la fréquence de leur utilisation jouent un rôle important dans la prolifération du myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017; Olivier, 2017). Autrement, tel qu'expliqué précédemment, certains facteurs favorisent la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau affectés. Ces facteurs peuvent être d'origine naturelle ou reliés à la présence humaine. L'épandage de sels déglaçant sur les routes en hiver est un exemple concret de l'amélioration par l'humain des contextes favorables à la prolifération de l'espèce envahissante. En effet, les sels déglaçant jetés sur les routes adjacentes aux plans d'eau peuvent se déverser ou s'infiltrer dans ces derniers et augmenter considérablement la concentration en cations majeurs. Afin de compenser la charge électrique positive générée dans l'eau, une plus grande concentration de carbone inorganique est alors nécessaire, ce qui implique le développement d'un substrat plus favorable à la prolifération du myriophylle à épi. Le carbone inorganique des lacs est naturellement issu de roches et de dépôts meubles carbonatés drainés des bassins versants (CRE Laurentides et Carignan, 2017). L'urbanisation en périphérie des plans d'eau est une autre cause humaine qui améliore les contextes favorables à la prolifération du myriophylle à épi. En effet, l'urbanisation implique un enrichissement des sédiments en éléments nutritifs, tel que le phosphore et l'azote, qui seront captés par l'espèce envahissante. Ces éléments nutritifs sont issus de l'agriculture, des eaux usées, des installations septiques, des produits à usage domestique, des engrais, etc., et peuvent permettre la croissance et la prolifération de la plante (MFFP, 2006; Radio-Canada, 2016). Ces nutriments peuvent rejoindre les plans d'eau par ruissellement, par infiltration des sols, etc. Le rejet des nutriments dans les plans d'eau est facilité par l'artificialisation des bandes riveraines. À l'état naturel, les bandes riveraines agissent telles des barrières qui empêchent la pollution et les nutriments d'entrer dans les plans d'eau. Lorsqu'elles sont détruites ou artificialisées, les obstacles empêchant le rejet des nutriments dans les plans d'eau qui alimentent le myriophylle à épi sont restreints (Doyon, s.d.; Roy, 2017).

4.3 Conclusion partielle

Plusieurs causes humaines sont à l'origine de l'introduction, de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi au Québec. La colonisation de l'espèce envahissante dans les plans d'eau est principalement causée par les usagers des lacs qui transportent leurs embarcations d'un plan d'eau à l'autre et qui par le fait même contaminent de nouveaux plans d'eau via les résidus de myriophylle à épi

accrochés à leur équipement. La fragmentation des tiges de myriophylle à épi par les hélices des moteurs des embarcations cause la majorité de la prolifération de l'espèce au sein des plans d'eau, tout comme l'amélioration par l'humain des contextes favorables au développement de l'espèce envahissante (ABV7, s. d.; CRE Laurentides et Carignan, 2017; MDDELCC, 2017a). Nul doute que la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi au Québec par l'ensemble de ces facteurs a des impacts notables à bien des égards. Le chapitre suivant permettra d'explorer ces répercussions néfastes générées par l'espèce exotique envahissante.

5 IMPACTS DU MYRIOPHYLLE À ÉPI DANS LES PLANS D'EAU AU QUÉBEC

Les répercussions du myriophylle à épi au Québec, dont la présence dans les plans d'eau est causée en grande partie par l'activité humaine, sont nombreuses et elles affectent plusieurs sphères et non uniquement la santé des écosystèmes aquatiques. Les impacts de l'espèce envahissante touchent à la fois à des enjeux environnementaux, sociaux et économiques. Ce chapitre permettra de comprendre l'importance d'agir pour lutter contre le myriophylle à épi au Québec en raison des multiples conséquences néfastes engendrées par son développement. Le présent chapitre permettra d'expliquer les impacts environnementaux, sociaux et économiques générés par la problématique à l'étude.

5.1 Impacts environnementaux du myriophylle à épi

La présence du myriophylle à épi dans plusieurs plans d'eau au Québec a des impacts néfastes sur la biodiversité aquatique et sur son habitat en raison de l'altération des paramètres physicochimiques et biologiques des plans d'eau, ce qui compromet l'adaptabilité des espèces et la viabilité des écosystèmes (MFFP, 2006). Dans plusieurs lacs au Québec, la situation est critique vu l'ampleur de la prolifération de l'espèce envahissante. En effet, lorsque le myriophylle à épi se développe abondamment, beaucoup d'espèces du milieu n'arrivent pas à survivre car le myriophylle à épi accapare non seulement le monopole des ressources, mais également celui de l'habitat puisque peu d'espèces arrivent à lui tenir tête (COBALI, 2016; MFFP, 2006). L'espèce envahissante est reconnue pour envahir une grande proportion de l'espace disponible, notamment à la surface de l'eau où elle forme de vastes étendues de tapis dense qui empêchent la lumière du jour de pénétrer dans l'eau. Plusieurs espèces indigènes sont étouffées par le myriophylle à épi et par sa dense canopée formée à la surface et elles ont donc moins accès à la luminosité nécessaire à leur photosynthèse (Department of Natural Resources State of Minnesota, 2017; MDDELCC, 2017a). L'expansion des colonies de myriophylle à épi a aussi comme impact de diminuer la circulation de l'eau ce qui modifie les substrats, les sédiments et la distribution des nutriments dans l'eau. Cela a pour effet de créer un contexte favorable au développement du myriophylle à épi et d'autres macrophytes, tout en étant nuisible à d'autres espèces indigènes (MFFP, 2006). La modification de la circulation de l'eau accentue aussi le gradient de température dans la colonne d'eau. Dans le cas présent, la concentration de biomasse de myriophylle à épi se situe dans la canopée ce qui entraîne des températures plus chaudes à la surface. Ces modifications de gradient de température peuvent perturber les autres espèces aquatiques (MFFP, 2006). Les taux d'oxygène disponibles diminuent en raison de la présence de l'espèce exotique envahissante. La mort de beaucoup d'espèces végétales liées à la présence du myriophylle à épi engendre une baisse en oxygène dissous dans l'eau en raison d'une forte

concentration générée en matière organique en décomposition. Les espèces indigènes animales ont ainsi moins accès à cet élément vital à leur survie. L'abondance de matière en décomposition peut également nuire au développement de communautés de certaines espèces de poissons en affectant leurs frayères. Aussi, ce facteur engendre une augmentation en phosphore dans les plans d'eau qui est responsable de leur eutrophisation (COBALI, 2016). Celle-ci s'accélère aussi, car la matière organique sédimente plus rapidement (CQEEE, 2014). Davantage de sulfure d'hydrogène, d'azote ammoniacal et de dioxyde de carbone résultent de la décomposition de la matière organique et ces éléments peuvent être nocif pour plusieurs espèces (MFFP, 2006). Durant la saison estivale, il est estimé que plus de la moitié de la biomasse de myriophylle à épi peut devenir sénescence dans les plans d'eau infestés, ce qui a pour effet de relâcher d'importante quantité de phosphore et de nutriments dans les écosystèmes aquatiques, qui peuvent être néfastes pour la biodiversité (MFFP, 2006). L'utilisation du bicarbonate par le myriophylle à épi dans les eaux à pH élevé engendre aussi d'autres conditions auxquelles les espèces indigènes doivent s'adapter. Ainsi, l'utilisation de cette source de matière inorganique par l'espèce envahissante génère au-dessus de la canopée créée par le myriophylle à épi, une alcalinité plus forte et un pH plus élevé que sous la canopée (MFFP, 2006). Bref, la modification de tous ces paramètres en présence de l'espèce envahissante donne bien du fil à retordre à la biodiversité indigène, soit les insectes, les poissons, les macrophytes, etc., et engendre des impacts néfastes sur la diversité écologique et sur la productivité des écosystèmes (COBALI, 2016; MFFP, 2006).

Ainsi, la compétition entre le myriophylle à épi et les plantes indigènes animales et végétales favorise généralement l'espèce exotique envahissante en raison de ses nombreux atouts et caractéristiques, ainsi qu'en raison de sa facilité à s'adapter et à modifier les habitats qu'elle colonise et à s'approprier les ressources d'un milieu. Les activités humaines donnent également un coup de pouce non négligeable pour aider le myriophylle à épi à prospérer au détriment des espèces indigènes. Ces facteurs ont pour conséquences d'appauvrir la diversité des écosystèmes aquatiques et ainsi de les fragiliser. La présence de plus en plus notable du myriophylle à épi dans les plans d'eau du Québec cause une diminution de la biodiversité de plus en plus prononcée (MDDELCC, 2017a).

5.2 Impacts sociaux du myriophylle à épi

Plusieurs impacts sociaux découlent de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau du Québec. Ceux-ci peuvent affecter la pratique d'activités récréatives ainsi que la santé de la population. L'importance du problème d'un point de vue social peut être sévère dans la mesure où les

activités humaines sur un plan d'eau peuvent être paralysées par le développement de l'espèce envahissante. Ce qui est paradoxal, c'est que ces activités humaines qui deviennent de plus en plus difficiles à pratiquer sont généralement responsables de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi (COBALI, 2016; CRE Laurentides et Carignan, 2017; MDDELCC, 2017a).

Ainsi d'un point de vue récréatif, la baignade, la pêche, les activités nautiques, etc., sont des activités compromises par le développement de l'espèce envahissante. Effectivement, l'abondance de masse de myriophylle à épi a un effet répulsif pour la population. La baignade dans des eaux denses en myriophylle à épi peut être inconfortable et désagréable, voir même impossible si le développement de la plante est trop prononcé (MFFP, 2006). Le rejet de plans de myriophylle à épi sur les berges et les plages peut également diminuer l'attrait des nageurs envers les plans d'eau (Pêches et Océans Canada, 2016). Concernant la pêche, les lignes à pêche et l'équipement peuvent s'entremêler dans les herbiers de myriophylle à épi, ce qui peut décourager les pêcheurs à pratiquer leur sport dans les plans d'eau trop affectés. Tel qu'expliqué précédemment, les frayères de certains poissons sont menacées par l'espèce envahissante. La vulnérabilité de ces espèces en est affectée, ce qui réduit également l'abondance de cette biodiversité pour la pêche (ABV7, s. d.; COBALI, 2016; MFFP, 2006). Enfin, en ce qui a trait aux activités nautiques, les hélices des moteurs peuvent être entravées et coincées par des herbiers trop denses de myriophylle à épi, empêchant les embarcations d'avancer convenablement. Il est également difficile de ramer en pareille condition, ce qui limite l'utilisation de tout type d'embarcations sur les plans d'eau affectés. L'équipement peut aussi être endommagé par l'espèce envahissante (ABV7, s. d.; MFFP, 2006).

Également, l'espèce envahissante peut impacter la santé humaine, car elle engendre indirectement la menace de propagation de certaines maladies. En effet, le myriophylle à épi crée des environnements, tels que des eaux stagnantes, propices au développement de colonies de moustiques et de certains parasites. Cette réalité, qui peut aussi être considérée comme un impact environnemental, augmente les chances de propagation de maladies chez l'humain telles que les dermatites (COBALI, 2016; MDDELCC, 2017a; MFFP, 2006). Certaines organisations estiment également que la baignade dans une population dense de myriophylle à épi représente un danger en intensifiant les risques de noyade (ABV7, s. d.; MFFP, 2006).

En bref, les impacts sociaux du myriophylle à épi sur les plans d'eau au Québec se résument à la limitation de la pratique de loisirs, qui peuvent être totalement stoppés dans les plans d'eau les plus sévèrement touchés, et également par des nuisances à la santé humaine. Ainsi, en plus d'affecter négativement les

écosystèmes aquatiques, qui influencent considérablement les écosystèmes terrestres en raison de leur connectivité, le développement du myriophylle à épi a pour effet de destituer l'usage des plans d'eau à la population. Les plans d'eau trop affectés par l'espèce envahissante peuvent devenir des environnements invivables pour la biodiversité et inutilisables par l'humain. À long terme, les impacts de l'espèce exotique envahissante résulteront en la création de grands espaces aquatiques indésirables pour la biodiversité et pour l'humain (COBALI, 2016; MDDELCC, 2017a).

5.3 Impacts économiques du myriophylle à épi

L'espèce envahissante a également des répercussions au Québec sur le plan économique qui peuvent avoir des incidences critiques à diverses échelles. Tant sur le plan individuel ou citoyen qu'à une échelle municipale et régionale, le myriophylle à épi peut avoir des impacts économiques non désirables.

Les citoyens qui vivent aux abords d'un plan d'eau infesté par le myriophylle à épi sont individuellement touchés au niveau économique par la présence de l'espèce envahissante. En effet, la destitution des usages d'un lac par le myriophylle à épi, tels que la pratique de loisirs, ou bien encore la détérioration du paysage et de la santé des écosystèmes aquatiques par l'espèce envahissante, a pour effet de diminuer la valeur des propriétés riveraines. Le myriophylle à épi affecte le secteur résidentiel en ayant un impact sur la valeur foncière des propriétés (MFFP, 2006; Olden et Tamayo, 2014). Selon plusieurs études, la valeur de revente d'une propriété riveraine d'un lac affecté par le myriophylle à épi pourrait diminuer jusqu'à seize pour cent (Olivier, 2017).

Tel que mentionné précédemment, la pratique de loisirs et d'activités récréatives sur les plans d'eau et leurs abords est menacée par le développement de l'espèce envahissante. À l'échelle municipale et régionale, la présence du myriophylle à épi a des retombées négatives sur l'industrie du tourisme et du commerce durant l'été, soit l'une des périodes de l'année les plus achalandées sur les plans d'eau. En effet, en présence du myriophylle à épi, les touristes auront moins tendance à profiter des activités sur les plans d'eau et en périphérie, telles que la baignade, la location d'embarcations, le camping, etc., qu'elles soient payantes ou non. Les lacs au Québec représentent des attraits non négligeables et leur infestation par le myriophylle à épi peut réduire le temps de séjour des touristes et donc engendrer une dépense moins importante dans les magasins, les restaurants, les hôtels, etc. Ainsi, il peut devenir plus difficile de faire rouler l'économie et des pertes en revenus sont envisageables pour les commerces, les municipalités et les régions touchées par le développement du myriophylle à épi (COBALI, 2016; MFFP, 2006). Autrement

à l'échelle municipale et régionale, le myriophylle à épi peut malmener les infrastructures de drainages et d'irrigation, ce qui peut engendrer des dépenses supplémentaires en cas de réparations. Des inondations peuvent également survenir si le myriophylle à épi se développe abondamment, car le contrôle des crues peut devenir plus laborieux en présence de l'espèce envahissante. En plus d'avoir des conséquences environnementales, la gestion de ces inondations et des bris générés peut engendrer des coûts supplémentaires pour les municipalités et les régions (Pêches et Océans Canada, 2016). Le myriophylle à épi peut également avoir des incidences sur la qualité de l'eau, ce qui peut générer de multiples problèmes et des dépenses importantes (MFFP, 2006). Enfin, l'application de méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi pour restaurer les écosystèmes engendre des dépenses considérables pour les divers paliers de gouvernement. Bien que les méthodes varient selon les contextes, certaines d'entre elles sont complexes et dispendieuses. Par exemple, 138 000 \$ sur sept ans ont été dépensés pour éradiquer le myriophylle à épi sur une superficie de deux kilomètres carrés et demi dans le lac Walsh, aux États-Unis (Olivier, 2017).

En somme, les impacts économiques du myriophylle à épi au Québec se résument principalement à une diminution de la valeur des propriétés riveraines et à une perte de revenus dans l'industrie du tourisme. Les coûts et déficits engendrés peuvent être considérables pour les plus petites municipalités et l'absence d'actions pour contrer l'espèce envahissante peut mener à une augmentation rapide de ces coûts et déficits non seulement à l'échelle des différents paliers de gouvernement, mais aussi pour le contribuable qui devra compenser les impacts (COBALI, 2016; MFFP, 2006; Olivier, 2017).

5.4 Conclusion partielle

Nombreux sont les impacts générés par le développement du myriophylle à épi. La problématique est à la fois d'ordre environnemental, social et économique. La destruction des habitats naturels, la perte de biodiversité, l'impossibilité de pratiquer des activités récréatives sur l'eau, les impacts à la santé humaine, la diminution de la valeur des propriétés riveraines, les pertes dans l'industrie du tourisme, les dommages matériels causés par la plante, etc., sont toutes des conséquences qui s'aggraveront avec le temps si aucune action n'est mise en œuvre pour prévenir, contrôler et éradiquer l'espèce exotique envahissante au Québec (MDDELCC, 2017a; MFFP, 2006; Pêches et Océans Canada, 2016). Plusieurs stratégies préventives et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi ont été testées au Québec dans les dernières années dans le but d'atténuer ces impacts. Le prochain chapitre décrira et expliquera ces

stratégies et méthodes, afin d'avoir un aperçu des solutions qui pourraient être appliquées au lac à la Truite et au lac Quenouille pour faire face à la problématique du myriophylle à épi.

6 INVENTAIRE DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES PRÉVENTIVES, MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION TESTÉES AU QUÉBEC ET EN AMÉRIQUE DU NORD POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI

Depuis que le myriophylle à épi fait des ravages en Amérique du Nord, les chercheurs tentent de trouver des solutions pour contrôler et éradiquer l'espèce exotique envahissante. La recherche de solutions peut être complexe dans la mesure où plusieurs facteurs tels que les contextes environnementaux, sociaux et économiques, qui affectent la vulnérabilité des plans d'eau, influencent le choix des méthodes. Bien que de nombreuses méthodes aient été testées au fil des années, aucune d'entre elles ne s'est véritablement démarquée pour contrôler et éradiquer le myriophylle à épi à un point de devenir une référence dans le domaine, notamment en raison de la complexité de la problématique. Également, les cas d'éradication totale de l'espèce envahissante sont rares, ce qui impose le développement des connaissances et des technologies pour faire face aux impacts générés par l'espèce envahissante (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; Michon, 2015). Le présent chapitre a pour objectif d'expliquer et de dresser un portrait des différentes stratégies de prévention permettant de réduire les chances de colonisation et de prolifération du myriophylle à épi ainsi que des différentes méthodes de contrôle et d'éradication qui ont été testées au Québec et ailleurs en Amérique du Nord. Cela permettra d'avoir un aperçu des stratégies et méthodes qui seront choisies dans la présente étude pour apporter des solutions au lac à la Truite et au lac Quenouille face au myriophylle à épi. Les avantages et inconvénients des méthodes de contrôle et d'éradication seront décrits. Le présent chapitre sera divisé en deux sections; les stratégies de prévention seront premièrement décrites et expliquées, puis l'explication des méthodes de contrôle et d'éradication suivra.

6.1 Stratégies de prévention contre le myriophylle à épi

Les stratégies de prévention permettent de prévenir la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau. Elles sont bien moins dispendieuses que les méthodes d'éradication et sont aussi plus faciles à appliquer (MDDELCC, 2017a). Pour un plan d'eau, même si aucune information sur la présence du myriophylle à épi n'est connue, l'ensemble des mesures de prévention sont de mise afin d'éviter les infestations. De l'information sur la vulnérabilité des plans d'eau peut quant à elle, aider à cibler les lacs les plus à risque afin d'intensifier les efforts de prévention à ces endroits. Les stratégies de prévention peuvent être appliquées par divers acteurs tels que les usagers des plans d'eau, les associations, les municipalités, etc. Pour obtenir une prévention optimale contre l'espèce envahissante, il importe que les

efforts soient conjugués et qu'une communication adéquate soit établie entre les divers acteurs, pour maximiser les actions entreprises ainsi que leur rendement (CRE Laurentides, 2015).

6.1.1 Stratégies de prévention contre la colonisation du myriophylle à épi

Tel que mentionné précédemment, les usagers des plans d'eau, c'est-à-dire les citoyens et les touristes, jouent un rôle majeur dans la colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau (ABV7, s. d.; Lavoie, 2017; MFFP, 2006). Il importe donc que des actions ciblées soient entreprises auprès des usagers pour restreindre les vecteurs de colonisation. La sensibilisation des usagers à la problématique du myriophylle à épi est essentielle pour en prévenir sa colonisation. Les citoyens peuvent faire partie d'associations environnementales, telles que des associations de lac, qui peuvent jouer un rôle local dans la prévention contre la colonisation du myriophylle à épi. Les municipalités et les milieux associatifs sont des ressources importantes pour informer et sensibiliser la population et les touristes à la problématique du myriophylle à épi et pour initier des actions de prévention (CRE Laurentides, 2015). Ainsi, organiser des rencontres avec les citoyens, implanter des kiosques lors d'événements, installer des panneaux informatifs aux abords des plans d'eau, distribuer des dépliants aux citoyens et diffuser de l'information sur les sites web des municipalités et des associations sont des moyens que peuvent privilégier ces acteurs en matière de sensibilisation. Selon un sondage réalisé par le CRE Laurentides en 2014 auprès des municipalités et des associations des Laurentides, la région provinciale la plus touchée par le myriophylle à épi, près de 70 pour cent des municipalités possédaient des plans d'eau avec des accès publics (CRE Laurentides, 2015). Il est donc nécessaire de concentrer les efforts de sensibilisation près des accès publics, qui sont généralement les lieux d'introduction des espèces envahissantes. Également, sensibiliser les citoyens à identifier et caractériser les espèces aquatiques leur permettrait de mieux connaître la nature des écosystèmes et de potentiellement détecter la présence de myriophylle à épi. Toujours selon le sondage, la quasi-totalité des associations et des municipalités ayant répondues au sondage manquait de connaissances sur les plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE). Davantage de ressources financières et d'accompagnement doivent leur être accordés pour réaliser des actions en matière de prévention (CRE Laurentides, 2015). L'une des actions majeures à promouvoir dans la sensibilisation des usagers, principalement les visiteurs, afin de restreindre la colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau est d'inspecter et de nettoyer les embarcations et l'équipement avant d'introduire le matériel dans un nouveau plan d'eau. Ces procédures impliquent le retrait de sédiments, de fragments de plantes et de l'eau présente dans les embarcations et sur l'équipement et de les disposer dans un endroit non propice à leur réintroduction dans le plan d'eau. Laver l'embarcation et l'équipement avec une eau à 50 degrés

Celsius de préférence en utilisant une laveuse à pression ayant une force de 2600 livres-force par pouce carré (psi) est fortement recommandé pour maximiser les effets du nettoyage. Un séchage à l'air libre d'au moins cinq jours est nécessaire pour éviter le risque d'infestation d'un nouveau plan d'eau par l'embarcation et l'équipement nettoyé (CRE Laurentides, 2015, 2016). Les municipalités peuvent faciliter l'initiative des usagers au nettoyage des embarcations en aménageant des stations de nettoyage à proximité des plans d'eau. Elles peuvent également, par la réglementation, obliger les usagers des plans d'eau à nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du plan d'eau. Selon le sondage du CRE Laurentides, moins du tiers des municipalités réglementaient pour contrer la colonisation des PAEE et peu de municipalités et d'associations proposaient des mesures pour le nettoyage des embarcations. À peine seize pour cent des municipalités désiraient améliorer la réglementation en termes de prévention contre la colonisation du myriophylle à épi. Ce manque d'intervention peut être lié au manque d'information d'ordre juridique qui est demandé par la majorité des municipalités (CRE Laurentides, 2015; MDDELCC, 2017b).

6.1.2 Stratégies de prévention contre la prolifération du myriophylle à épi

Les usagers des plans d'eau, les associations environnementales et les municipalités ont un rôle à jouer pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi dans les plans d'eau infestés. Si les caractérisations des écosystèmes aquatiques effectuées par les usagers permettent de détecter la présence de myriophylle à épi, il importe de poursuivre cette caractérisation et de cibler les zones à risque de prolifération du myriophylle à épi pour concentrer les efforts de prévention de l'espèce envahissante à ces endroits (CRE Laurentides, 2015). Divers outils d'identification sont disponibles, dont des clés d'identification qui servent notamment à ne pas confondre l'espèce exotique envahissante avec la flore indigène (MDDELCC, 2017a). Les associations peuvent poursuivre les actions des riverains et citoyens à de plus grandes envergures en formant des patrouilles ayant pour but de caractériser le plus de plans d'eau possible, de cartographier les PAEE afin de connaître l'ampleur des infestations et de les signaler (MDDELCC, 2016). L'outil Sentinelle, qui a été développé par le MDDELCC afin de détecter, localiser, identifier et signaler les espèces exotiques envahissantes, peut ainsi être utilisé par les associations (CRE Laurentides, 2015). Le Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec créé par le MDDELCC explique, selon les ressources disponibles, comment les associations peuvent former ces patrouilles, le matériel dont elles auront besoin, ainsi que toutes les procédures de caractérisation, signalisation, etc., à suivre afin d'assurer un effort de prévention contre la prolifération des espèces envahissantes comme le myriophylle à épi (MDDELCC, 2016). Selon le sondage effectué par

le CRE Laurentides en 2014, en ce qui a trait à la caractérisation et à la signalisation des PAEE, moins de la moitié des associations et des 44 municipalités avaient effectué des caractérisations préliminaires, près des trois quarts des associations et la moitié des municipalités ne savaient pas comment signaler la présence du myriophylle à épi, une association sur cinq avait signalé la présence de l'espèce envahissante et plus de la moitié d'entre elles ignoraient quelles autorisations gouvernementales sont nécessaires pour intervenir (CRE Laurentides, 2015). Ces faits montrent que pour prévenir la prolifération des espèces envahissantes, dont le myriophylle à épi, et pour que les usagers soient sensibilisés à ces actions par les associations et les municipalités, davantage de ressources financières et d'accompagnement et davantage de connaissances sur les espèces envahissantes et sur les moyens de les identifier et de les signaler doivent être fournies aux associations et aux municipalités par les gouvernements et les organisations sans but lucratif notamment (CRE Laurentides, 2015). Les municipalités et les associations peuvent sensibiliser les usagers des plans d'eau pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi en organisant des rencontres avec les citoyens, en aménageant des kiosques lors d'événements, en installant des panneaux informatifs aux abords des plans d'eau, en distribuant des dépliants aux citoyens, en diffusant de l'information sur leurs sites web, etc. Des règlements peuvent être mis en œuvre par les municipalités pour prévenir la prolifération de l'espèce envahissante (CRE Laurentides, 2015, 2016). L'instauration de règlements par les municipalités, destinés à rendre conforme les bandes riveraines et les installations septiques, à interdire l'utilisation d'engrais et de produits à usages domestiques néfastes pour l'environnement, sont à prioriser afin d'éviter le rejet de nutriments et de polluants conduisant à la prolifération du myriophylle à épi par les citoyens riverains. Cela permettra aux riverains d'éviter de polluer les plans d'eau par le rejet de déchets, de nutriments, de produits domestiques phosphatés, etc., qui créent des environnements favorables à la prolifération du myriophylle à épi (COBALI, 2016; CRE Laurentides, 2016; MFFP, 2006). Les municipalités peuvent également prendre des mesures pour restreindre la navigation des embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi afin d'empêcher l'arrachage et la fragmentation de l'espèce envahissante conduisant à sa prolifération (CRE Laurentides, 2016). Les municipalités peuvent aussi prendre des mesures pour restreindre l'utilisation d'embarcations motorisées sur les plans d'eau, surtout celles alimentées à l'essence, afin de diminuer les risques de prolifération liés à la fragmentation potentielle des tiges de myriophylle à épi par les hélices des moteurs (CRE Laurentides, 2016; MFFP, 2006).

6.2 Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi

Lorsque le myriophylle à épi prend une expansion d'envergure dans un plan d'eau, il peut être alors nécessaire d'entreprendre des méthodes de contrôle et d'éradication de l'espèce envahissante afin de

préserver l'intégrité des écosystèmes et la valeur des propriétés riveraines, ainsi que la possibilité de pratiquer des activités récréatives. Les méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi ont pour objectif de contrôler et d'éliminer l'espèce envahissante des plans d'eau (MFFP, 2006). Ces méthodes peuvent être coûteuses à appliquer et plus les plans d'eau sont affectés sévèrement par le myriophylle à épi, plus les coûts seront généralement élevés afin d'éradiquer l'espèce envahissante (L'information du Nord Sainte-Agathe, 2017). Il importe également de tenir compte de la vulnérabilité des plans d'eau avant que de telles mesures soient entreprises. En effet, les différentes méthodes de contrôle et d'éradication comportent leurs avantages et leurs inconvénients qui font en sorte qu'elles peuvent être plus ou moins efficaces dépendamment des contextes. Les contextes environnementaux, sociaux et économiques et les facteurs de vulnérabilité qui en découlent influent ainsi le choix des méthodes de contrôle et d'éradication (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; MFFP, 2006). La présente section décrira et expliquera les méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi ayant été testées au Québec et en Amérique du Nord ainsi que leurs avantages et inconvénients. Les méthodes seront divisées en méthodes physiques, chimiques et biologiques.

6.2.1 Méthodes physiques

Les méthodes physiques d'éradication du myriophylle à épi constituent notamment en l'installation de barrières benthiques telles que des bâches au fond des plans d'eau qui couvrent la totalité des zones infestées par le myriophylle à épi. Ces bâches permettent de freiner le myriophylle à épi dans son allongement vertical. Après quelque temps, l'espèce envahissante cesse son développement et finit par mourir. Les barrières doivent être installées par des plongeurs et fixées sur les sédiments par des piquets ou des poids tels que des briques qui devront être retirés une fois les processus terminés (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Il existe différents types de toiles pour former les bâches, soit le jute biodégradable, le géotextile et la fibre de verre. Les mailles des toiles doivent être assez étroites pour empêcher les tiges de myriophylle à épi de pénétrer à travers les bâches et les toiles doivent être perméables pour laisser remonter les gaz dégagés par les végétaux en décomposition. Ces conditions sont remplies par les trois types de toiles (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Peu dispendieux et facilement procurable, le jute est un matériel qui s'installe facilement au fond des plans d'eau lorsqu'il est mouillé. Étant biodégradables, les toiles en jute n'ont pas besoin d'être retirées des plans d'eau lorsque le processus d'éradication est terminé. Cependant, cet aspect fait en sorte que la durée de vie des toiles de jute est assez courte puisqu'elles commencent à se détériorer après sept mois et elles ne sont plus efficaces après un an et demi en raison de leur extrême fragilité. Ainsi, l'installation annuelle

d'une nouvelle toile de jute est nécessaire pour éviter que le myriophylle à épi reprodise dans le milieu. Le jute est favorable à l'établissement de plantes indigènes sur les toiles et les végétaux peuvent également traverser les toiles lorsque celles-ci se désagrègent. Malheureusement, le myriophylle à épi est également capable de profiter de ces avantages fournis par ce type de toiles et peut proliférer comme le fait la flore indigène lorsque les toiles se déchirent (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Les toiles de jute sont généralement efficaces pour de petites superficies denses de myriophylle à épi n'ayant pas d'apex de croissance pointu. Elles ont également un faible impact environnemental. Elles éliminent cependant la flore indigène, qui lorsqu'elle se décompose, rejette des nutriments favorables au développement du myriophylle à épi (Carignan, 2017). Au Québec, un projet de contrôle a été mené sur l'efficacité de la toile de jute au lac Pémichangan. Selon l'organisme qui a piloté le projet, la méthode de contrôle a eu des résultats positifs puisque, sur une superficie totale de près de 6000 mètres carrés de toile de jute, le myriophylle à épi a repoussé sur seulement treize pour cent de la superficie occupée par les toiles de jute après trois ans d'intervention. Le poids des toiles et la réduction de la luminosité disponible pour l'espèce envahissante semblent être l'une des causes du succès de l'opération (Michon, 2015). Contrairement aux toiles de jute, les barrières conçues avec la fibre de verre n'ont pas besoin d'être remplacées constamment puisqu'elles restent intactes pendant plus de quinze ans. Elles ne sont donc pas biodégradables. Elles nécessitent cependant un nettoyage annuel à l'extérieur des plans d'eau pour être bien entretenues et pour éviter d'être dégradées par les algues et les sédiments. Les barrières doivent par la suite être réinstallées, ce qui s'effectue assez facilement. Bien que le filet, qui consiste en un produit Aquascreen, soit près de neuf fois plus dispendieux que le jute, il est également plus rentable à long terme, car il n'a pas besoin d'être remplacé (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Moins dispendieux que la fibre de verre, mais davantage que le jute, les bâches en géotextile ont une durée de vie qui varie de quatre à sept ans. Elles sont faciles à poser, mais elles requièrent un entretien régulier, car elles peuvent se déchirer. Les bâches ne sont pas biodégradables et nécessitent donc un retrait complet lorsqu'elles deviennent désuètes. Elles peuvent être réutilisées par la suite (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). L'un des avantages des bâches en géotextile est que leur efficacité pour stopper le développement du myriophylle à épi peut être optimale après seulement deux mois, c'est-à-dire que la totalité du myriophylle à épi peut être éradiquée dans cette période de temps. Une utilisation prolongée jusqu'à trois mois peut, selon une étude réalisée aux États-Unis, empêcher le myriophylle à épi de croître après le traitement. Cependant, cette méthode est radicale dans la mesure où toute la flore aquatique est anéantie, pas seulement le myriophylle à épi. La flore indigène peut cependant repousser si le traitement n'est pas réalisé pendant plus de deux mois (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Laitala,

Prather, Thill, Kennedy et Caudill, 2012). La saison d'installation des barrières, soit au printemps, à l'été ou à l'automne, varient selon le type de toiles. Pour s'assurer que tous les types de barrières soient bien maintenus, il importe de les inspecter à une certaine fréquence (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Les barrières benthiques, qui sont davantage conçues pour éradiquer des peuplements qui couvrent de faibles superficies, requièrent donc une supervision et des efforts de maintenances réguliers, parfois durant plusieurs années (MFFP, 2006).

Les récolteuses mécaniques et le faucardage manuel font aussi parties des méthodes de contrôle physique du myriophylle à épi. Elles ont pour effet de diminuer la densité et la quantité de myriophylle à épi présent dans le plan d'eau au moyen des râteaux, de faux, des faucardeurs, etc. Les méthodes mécaniques, qui ne sont pas sélectives et qui s'appliquent généralement pour les infestations de plus grandes envergures, consistent à couper et à retirer les tiges de myriophylle à épi près des sédiments à l'aide de faucardeurs (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006). Les râteaux sont principalement utilisés pour couper et arracher les tiges lors du faucardage manuel. Ces méthodes, qui doivent être répétées durant une longue période de temps, s'appliquent davantage à de petites superficies de myriophylle à épi dans des plans d'eau transparents. Les méthodes mécaniques et manuelles sont très inefficaces et dangereuses car elles contribuent à augmenter la prolifération de la plante en raison de la fragmentation très probable des tiges de myriophylle à épi (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006). Des plongeurs peuvent également arracher les plants jusqu'au système racinaire pour être plus sélectif dans le contrôle, à une fréquence régulière et durant plusieurs années. Cette méthode est plus efficace lorsque de petites superficies sont couvertes par le myriophylle à épi et lorsque les plans d'eau sont transparents. Les dragues commandées par plongeurs ainsi que les cultivateurs sous-marins sont des méthodes physiques qui demandent davantage de temps et de ressources financières, mais ils sont également plus performants, malgré qu'elles ne soient pas sélectives (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006). Toutes ces méthodes ne permettent généralement pas l'éradication complète des herbiers myriophylle à épi, bien que les dernières présentées puissent dans certains cas réduire grandement sa présence et la densité de la biomasse. Cependant, même lorsqu'elles sont bien appliquées, toutes ces méthodes peuvent générer un brassage des sédiments, détériorer la qualité de l'eau, perturber la faune aquatique et entraîner la formation de davantage de fragments de myriophylle à épi qui peuvent proliférer dans le milieu et aggraver la situation (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006).

Autrement, d'autres méthodes physiques, telles que les inondations et le rabattement hivernal durant plus de quatre jours, qui permet entre autres de faire mourir le myriophylle à épi dans des conditions très froides, voire glaciales, se sont avérées efficaces selon des études performées aux États-Unis. Ces méthodes, qui permettent de geler ou sécher l'espèce envahissante, sont rendues possibles en modifiant le niveau de l'eau des plans d'eau, ce qui requiert un travail et une surveillance continue (MFFP, 2006). Afin de changer le niveau de l'eau d'un plan d'eau, la présence d'un barrage est nécessaire et donc ces méthodes ne peuvent pas s'appliquer sur tous les plans d'eau. La modification du niveau de l'eau d'un plan d'eau est une méthode efficace pour se débarrasser du myriophylle à épi, bien qu'elle soit très drastique en raison des nombreux désavantages subis par les écosystèmes. Par exemple, modifier les conditions environnementales en faisant geler un plan d'eau durant l'hiver, suite à l'abaissement du niveau de l'eau, a pour conséquence de fortement mettre en péril la viabilité de l'ensemble de la flore aquatique (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006).

6.2.2 Méthodes chimiques

L'acide 2,4-dichlorophenoxyacétique (2,4-D) est l'herbicide qui a été le plus utilisé pour combattre le myriophylle à épi. Il a principalement été utilisé dans la seconde moitié du 20^e siècle. L'utilisation d'herbicides, tels que le 2,4-D et le diquat, est la méthode chimique la plus fréquente pour éradiquer l'espèce envahissante. Les herbicides tels que le 2,4-D ont cependant des effets efficaces à court terme. Ce dernier, vu sa spécificité particulière pour l'espèce envahissante, permet d'éradiquer une superficie majeure de myriophylle à épi l'année suivant son application, mais son efficacité s'amointrit au fil du temps. Ainsi, le myriophylle à épi n'a pas de mal à repousser vigoureusement durant les années suivantes, ce qui requiert un entretien constant et une application annuelle de l'herbicide pour être efficace (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). Les contextes et la vulnérabilité des plans d'eau influencent aussi l'efficacité des herbicides. Ainsi, la concentration en calcium, la température de l'eau, la période à laquelle les herbicides sont appliqués et leur formulation influencent la réussite de la méthode de contrôle. Également, de nombreux inconvénients sont générés par l'utilisation des herbicides, tels que des impacts nocifs sur la biodiversité, les écosystèmes et la qualité de l'eau. Ceux-ci peuvent également impacter la pratique d'activités récréatives sur les plans d'eau (Lavoie, 2010). L'utilisation d'herbicides dans les plans d'eau est interdite au Québec selon le Code de gestion des pesticides (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2007; MFFP, 2006).

6.2.3 Méthodes biologiques

Les méthodes de contrôle biologiques consistent à introduire dans les plans d'eau infestés par le myriophylle à épi, des espèces capables de se nourrir de l'espèce envahissante ou bien de lui nuire, afin de réduire sa croissance et sa superficie. Divers organismes tels que des bactéries, des insectes, des poissons, etc., peuvent jouer ce rôle (MFFP, 2006). L'organisme fongique *Mycoleptodiscus terrestris* et les insectes *Cricotopus myriophylli* et *Acentria ephemerella* sont des espèces étudiées pour combattre le myriophylle à épi (Lavoie, 2010). *Euhrychiopsis lecontei* est un charançon aquatique qui semblait prometteur dans l'élimination du myriophylle à épi dans les plans d'eau. Au stade de larve, il stoppe la croissance du myriophylle à épi en ingérant le méristème et en minant la tige de l'espèce envahissante jusqu'à un mètre de profondeur. La survie et le développement racinaire du myriophylle à épi sont menacés par le charançon. L'affaiblissement et la réduction de biomasse de myriophylle à épi permettent aux espèces indigènes de reprendre le dessus sur l'espèce envahissante (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010). L'insecte a fait ses preuves pour combattre le myriophylle à épi selon plusieurs études réalisées aux États-Unis. L'introduction du charançon dans plusieurs lacs américains a été corrélée avec la diminution du développement du myriophylle à épi (MFFP, 2006). Cependant au Québec, le contrôle du myriophylle à épi par le charançon au lac Supérieur, n'a pas donné les résultats escomptés (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010). Ainsi, malgré que le contrôle du myriophylle à épi avec *Euhrychiopsis lecontei* soit la meilleure méthode biologique à privilégier au Québec en raison de son efficacité antérieure démontrée, les contextes et la vulnérabilité de certains plans d'eau font en sorte que cette méthode ne s'applique pas à l'ensemble des plans d'eau. En effet, la profondeur à laquelle pousse le myriophylle à épi, la température des plans d'eau, l'abondance de poissons, tels que certaines espèces de crapets, qui sont des prédateurs du charançon et la présence de feuilles en décomposition et de matière organique en hiver, sont des facteurs qui influencent l'efficacité du charançon contre le myriophylle à épi (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; MFFP, 2006).

Dans certains cas, la disparition du myriophylle à épi se fait naturellement, soit sans l'intervention humaine. On peut parler ainsi d'un déclin naturel de l'espèce envahissante qui peut se produire après plusieurs années de dominance dans un plan d'eau. Ce déclin naturel est possible, selon plusieurs hypothèses, lorsque les espèces prédatrices au myriophylle à épi sont indigènes au plan d'eau et ne requièrent donc pas une introduction par l'humain. Ces espèces prédatrices indigènes, tel que mentionné précédemment, peuvent être des poissons, des insectes, des champignons, des organismes pathogènes ou bien encore des parasites (MFFP, 2006). Également, lorsque présents en quantité massive, le

phytoplancton et le périphyton, toujours selon ces hypothèses, peuvent générer un ombrage nuisible au myriophylle à épi. Les espèces végétales indigènes, qui peuvent compétitionner avec le myriophylle à épi pour les nutriments, pourraient également causer le déclin de l'espèce envahissantes si elles sont mieux adaptées, tout comme la modification des conditions environnementales et climatiques, qui pourraient nuire au développement du myriophylle à épi (MFFP, 2006).

6.3 Conclusion partielle

En bref, la prévention pour empêcher la colonisation et la prolifération d'espèces envahissantes telles que le myriophylle à épi est à privilégier dans la recherche de solutions aux problématiques générées par les PAEE. Chaque acteur, qu'il s'agisse des usagers des plans d'eau, des associations environnementales et des divers paliers gouvernementaux, a un rôle à jouer pour prévenir les infestations, puisque les conséquences des actions sont interreliées. Les usagers doivent être responsables et prendre des décisions réfléchies aux abords et sur les plans d'eau, tandis que les associations et les municipalités doivent s'informer davantage sur les enjeux du myriophylle à épi et s'allier dans un effort de sensibilisation, de distribution d'information et de réglementation auprès des usagers pour prévenir la colonisation et la prolifération des espèces envahissantes (CRE Laurentides, 2015). Lorsque le myriophylle à épi parvient à coloniser et à proliférer dans un milieu, des méthodes de contrôle et d'éradication doivent s'ajouter aux stratégies préventives. Les diverses méthodes physiques, chimiques et biologiques présentées pour contrôler et éradiquer le myriophylle à épi consistent en résumé à poser de barrières benthiques, à procéder à la coupe et l'arrachage des herbiers de myriophylle à épi, à faire varier le niveau des plans d'eau, à appliquer des herbicides et à introduire des espèces prédatrices du myriophylle à épi (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Lavoie, 2010; MDDELCC, 2017a; MFFP, 2006). Ces méthodes comportent leurs avantages et leurs inconvénients et puisqu'aucune d'entre elles n'est totalement efficace, il convient de peser les pour et les contre en fonction du contexte dans lequel on souhaite contrôler et éradiquer l'espèce envahissante, afin de choisir la solution appropriée pour subvenir à la vulnérabilité du plan d'eau touché. Le tableau présenté à l'Annexe 1 synthétise les avantages et les inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi présentés dans le présent chapitre. La réalisation des chapitres 4, 5 et 6 a permis d'atteindre le premier objectif spécifique de l'essai. Le prochain chapitre permettra d'expliquer et d'analyser les contextes et les vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille et mènera au processus décisionnel qui permettra de mettre en lumière quelles stratégies de de prévention et quelles méthodes de contrôle et d'éradication, dont les avantages et inconvénients ont été présentés, conviennent le mieux aux cas des deux lacs des Laurentides étudiés.

7 ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DU LAC À LA TRUITE ET DU LAC QUENOUILLE FACE À LA COLONISATION ET LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI

Les causes de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi présentées précédemment témoignent de la quantité non négligeable de facteurs qui selon leur nature influencent la vulnérabilité des plans d'eau face à l'espèce envahissante. La présente étude s'intéresse principalement à deux lacs des Laurentides où la situation face à la problématique du myriophylle à épi est particulièrement préoccupante. Ainsi, le lac à la Truite et le lac Quenouille subissent différentes pressions naturelles et anthropiques qui les rendent vulnérables à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi. Le présent chapitre a pour objectif de définir l'état de vulnérabilité des deux lacs selon la nature des différents facteurs qui caractérisent ces écosystèmes et selon l'état d'avancement du développement du myriophylle à épi. Ainsi, pour chacun des lacs, les contextes naturel et humain favorisant la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi sont décrits et analysés, tout comme l'état d'avancement de la prolifération de l'espèce envahissante. L'analyse de la vulnérabilité des lacs et des facteurs qui en découlent permettra d'établir (chapitre 8) un portrait des critères de vulnérabilité face au myriophylle à épi, qui permettront de choisir quelles stratégies préventives et méthodes de contrôle et d'éradication de l'espèce envahissante sont les plus appropriées selon l'état de vulnérabilité des lacs.

7.1 Analyse de la vulnérabilité du lac à la Truite

Le lac à la Truite est situé dans la région des Laurentides dans la municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts. La ville attire villégiateurs et touristes durant la saison forte, en été comme en hiver, notamment en raison des milieux naturels qui l'entourent et par sa proximité aux municipalités de Saint-Sauveur et Mont-Tremblant (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2018). Le lac à la Truite fait partie de la trentaine de lacs situés sur le territoire de la municipalité (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a). Le lac des Sables situé au cœur de la ville représente toutefois le pôle d'attraction en termes d'écosystème aquatique au sein de la municipalité, lui qui comporte de nombreux attraits touristiques propres à la pratique d'activités récréatives (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2018). Le lac à la Truite est entouré partiellement par des peuplements forestiers et quelques versants protégés sont situés à proximité du lac ainsi qu'un peuplement forestier rare. Le lac, situé à une altitude de près de 400 mètres, possède une superficie d'environ 500 mètres carrés. Il peut contenir près de cinq millions de mètres cubes d'eau et son bassin versant a une superficie de plus de 4 kilomètres carrés. Le lac à la Truite a une profondeur maximale d'environ 22 mètres et une profondeur moyenne de plus de neuf mètres. Également, il n'y a pas de barrage au lac à la Truite (CRE Laurentides, 2013a; Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Ville de Sainte-Agathe-des-

Monts, 2010a). Plusieurs facteurs naturels et humains rendent le lac vulnérable à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi, tel qu'il sera expliqué ci-après.

7.1.1 Contexte humain favorisant la colonisation du myriophylle à épi

Plusieurs facteurs humains peuvent favoriser la colonisation du myriophylle à épi au lac à la Truite. Aucun accès municipal public permet aux touristes ou aux citoyens de mettre à l'eau leurs embarcations. Cependant, la ville de Sainte-Agathe-des-Monts n'oblige pas à ce jour aux usagers du lac à la Truite à nettoyer leurs embarcations avant de les introduire et après leurs sorties du lac (S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018). Ce facteur de vulnérabilité peut avoir contribué à la colonisation du myriophylle à épi dans le lac, puisque les résidents riverains du lac peuvent y introduire leurs embarcations ayant auparavant navigué sur des eaux infestées par le myriophylle à épi, sans préalablement nettoyer leurs embarcations (CRE Laurentides, 2016; MFFP, 2006). De plus, l'entreprise riveraine « Chalets Chanteclair » loue aux touristes une dizaine de chalets au bord du lac qui ont accès à la seule plage du lac. Les touristes et les citoyens non riverains peuvent également payer pour profiter de la plage et y introduire leurs embarcations dans l'eau (Chalets Chanteclair, s. d.; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Le lac est donc prisé par les touristes et les citoyens non riverains qui sont davantage susceptibles d'introduire au lac des embarcations comportant des résidus de myriophylle à épi provenant d'autres plans d'eau. Sachant que l'achalandage du lac est élevé en raison du nombre important de propriétés riveraines et de l'afflux de touristes qui ne sont pas contraints par le nettoyage de leurs embarcations, les chances que le myriophylle à épi ait été introduit dans le lac via des embarcations contenant des résidus de myriophylle à épi sont grandes (M. Laniel, courriel, 29 mars 2018; MFFP, 2006). L'absence d'un code d'éthique environnemental pour le lac et l'absence ou la faible présence d'information en ligne et de panneaux informatifs pour sensibiliser les usagers à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi accentuent le degré de vulnérabilité du lac à la Truite face aux enjeux générés par cette PAEE (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a). L'interdiction de naviguer avec des embarcations motorisées sur le lac est cependant une bonne initiative pour diminuer le potentiel de prolifération du myriophylle à épi (S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018). Le lac des Sables est quant à lui soumis à des mesures plus strictes pour éviter la colonisation d'espèces envahissantes. Ainsi, avant d'y mettre à l'eau une embarcation, celle-ci doit obligatoirement être nettoyée via la station de nettoyage aménagée à proximité du lac (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a).

7.1.2 Contexte naturel et humain favorisant la prolifération du myriophylle à épi

La nature des paramètres physicochimiques du lac à la Truite peut le rendre vulnérable au développement et à la prolifération du myriophylle à épi. La zone littorale du lac à la Truite est généralement peu profonde sur l'ensemble du pourtour. Ainsi, la profondeur du lac augmente graduellement vers le centre du lac. La pente est douce à plusieurs endroits, dont à l'est du lac, où la profondeur atteint environ huit mètres à une distance d'environ 350 mètres de la berge (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Ainsi, la zone peu profonde est généralement vaste dans le lac, ce qui peut conduire à des conditions propices au développement du myriophylle à épi. La profondeur et la transparence d'un plan d'eau influencent la capacité des plantes aquatiques à proliférer dans un milieu. Ainsi, la nature des deux paramètres doit permettre aux rayons du soleil d'atteindre le fond du plan d'eau pour permettre aux végétaux de pousser. Une grande profondeur et une eau trouble ne permettent donc généralement pas aux plantes aquatiques de prospérer contrairement à une eau claire présente en zone peu profonde (CRE Laurentides, 2018a; MFFP, 2006). L'hypsométrie du lac à la Truite, qui correspond à la relation entre la profondeur et la transparence du lac, suggère que le myriophylle à épi pourrait pousser jusqu'à cinq mètres et demi de profondeur et qu'il pourrait coloniser 40 pour cent de la superficie du lac (CRE Laurentides et Carignan, 2013a; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). La forte présence d'éléments nutritifs dans le lac favorise aussi le potentiel de prolifération de l'espèce envahissante à une telle envergure. La faible profondeur à laquelle le myriophylle à épi peut pousser au lac à la Truite peut occasionner une fragmentation naturelle plus fréquente de la plante et donc une prolifération plus rapide (CRE Laurentides, 2018a; MFFP, 2006). Selon une étude réalisée en 2012 sur le lac à la Truite, la concentration en sodium dans l'eau se chiffrait à 49,5 milligrammes par litre (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Cette concentration est très élevée, comparativement à celles retrouvées dans plusieurs autres lacs des Laurentides. En fait, selon une étude récente réalisée à l'été 2016 sur les lacs du Parc national du Mont-Tremblant et sur d'autres de lacs des Laurentides, le lac à la Truite comportait la concentration en sodium la plus élevée parmi 121 lacs échantillonnés, soit une concentration qui pouvait être jusqu'à 50 fois plus importante que dans certains lacs. Tel qu'expliqué précédemment, une forte concentration en sodium pourrait faire partie des facteurs qui favorisent le développement du myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Le sodium retrouvé dans les lacs provenant principalement de l'épandage des sels déglacant sur les routes en hiver, la présence de l'autoroute 15 et de chemins sur la quasi-totalité du pourtour du lac à la Truite et du bassin versant, rendent le lac à la Truite plus vulnérable (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). En effet, le déversement de sels déglacant sur les chaussées lorsqu'elles sont glacées ou enneigées en hiver peut se propager à l'environnement naturel. Les sels déglacant, qui contiennent du sodium, peuvent atteindre le

lac à la Truite par ruissellement et par infiltration dans les sols (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Le ratio de la longueur des chemins et des routes dans le bassin versant du lac étant grand par rapport à la superficie du bassin versant (5,4 kilomètres de routes/kilomètre carré de bassin versant), la vulnérabilité du lac à la Truite, face à la menace du déversement de sels déglacant qui pourraient rejoindre le plan d'eau, est importante (CRE Laurentides, 2017c; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Le calcium a quant à lui été retrouvé à une teneur de quatorze milligrammes par litre dans le lac à la Truite en 2016. Cette concentration est plus de deux fois plus élevée que la concentration suffisante pour créer des conditions de croissance optimale pour le myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Lorsque la conductivité spécifique de l'eau, qui est directement liée aux concentrations en sodium et calcium dans l'eau, dépasse 75 μS par centimètre, la vulnérabilité face à la colonisation du myriophylle à épi est forte. La conductivité spécifique au lac à la Truite en 2016 était de 727 μS par centimètre, soit près de dix fois plus élevée que cette valeur. Parmi les 121 lacs des Laurentides échantillonnés lors de l'étude sur les lacs du Parc national du Mont-Tremblant et d'autres lacs des Laurentides, la conductivité spécifique a été mesurée dans 54 d'entre eux et le lac à la Truite possédait la conductivité spécifique la plus élevée parmi ces lacs (CRE Laurentides et Carignan, 2017). La conductivité spécifique élevée au lac à la Truite pourrait être liée à l'application de sels déglacant sur les routes à proximité, aux pressions anthropiques ou bien à la présence d'enclaves calco-silicatées dans le bassin versant (CRE Laurentides, 2018b). Ainsi, que la présence des ions en grande quantité soit d'origine naturelle au lac à la Truite ou bien que les concentrations de certains ions soient augmentées par les pressions anthropiques, la nature des concentrations de ces paramètres physicochimiques fait en sorte que le lac est vulnérable au développement du myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013).

Les diverses pressions humaines dans le secteur du lac à la Truite peuvent rendre le lac vulnérable à la prolifération du myriophylle à épi, en affectant plusieurs paramètres du lac dont la qualité de l'eau et la composition du lac en nutriments (MFFP, 2006). Le lac à la Truite est situé dans la couronne urbaine de Sainte-Agathe-des-Monts, c'est-à-dire dans le périmètre d'urbanisation, en plein cœur d'un secteur résidentiel. L'autoroute 15 passe tout près du lac. En 2010, le secteur du lac à la Truite faisait partie des territoires de la municipalité où un potentiel de développement était envisageable et la complétion de ce développement résidentiel était un objectif de la municipalité. Ce projet de développement du secteur impliquait notamment de renforcer le noyau de service situé à la partie ouest du lac et de mettre en valeur le secteur en continuant de rendre publiquement accessibles les berges du lac. Dans une période de cinq

ans, un potentiel de construction de 75 résidences était estimé dans le secteur du lac à la Truite (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a, 2010b, 2013). Aujourd'hui, un peu moins d'une centaine de résidences sont des propriétés riveraines du lac (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Il y a 467 habitations qui sont quant à elles établies dans le bassin versant du lac à la Truite. En considérant l'ensemble des habitations présentes dans le bassin versant, il est possible de chiffrer le facteur d'impact de l'occupation humaine à 914 habitations/kilomètres carrés de lac et la densité d'occupation du bassin versant à 110 habitations/kilomètres carrés de bassin versant, soit des valeurs très élevées (CRE Laurentides, 2017c; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Ainsi, des pressions anthropiques liées au développement du secteur du lac à la Truite sont observables et celles-ci peuvent rendre le lac vulnérable à la prolifération du myriophylle à épi. La forte présence humaine aux abords du lac à la Truite et dans son bassin versant peut être responsable de l'augmentation en éléments nutritifs dans le lac et de la concentration en phosphore et en azote dans les sédiments du lac, qui sont des éléments qui contribuent au développement et à la croissance du myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2009; MFFP, 2006). La présence d'un milieu humide à l'est du plan d'eau près de l'exutoire du lac peut également être liée à l'augmentation de la concentration en phosphore dans le lac (CRE Laurentides, 2013b; Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a). Les trois ruisseaux se déversant dans le lac à la Truite peuvent être des vecteurs pour les nutriments, le phosphore et l'azote provenant de l'utilisation intensive du territoire, soit de la forte présence résidentielle dans le bassin versant du lac (CRE Laurentides, 2009; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). La forte occupation peut mener à l'augmentation en nutriments, en phosphore et en azote sédimentaire dans le lac et favoriser la prolifération du myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2009) principalement par :

- l'artificialisation des bandes riveraines et la diminution de la végétation indigène aux abords du plan d'eau (CRE Laurentides, 2009);
- des installations septiques déficientes et mal entretenues (CRE Laurentides, 2009);
- l'usage d'engrais et de produits domestiques phosphatés (CRE Laurentides, 2009).

À ces égards, la réglementation de la municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts oblige que les bandes riveraines naturelles des lacs aient une largeur qui varie entre dix et quinze mètres sans possibilité de les modifier. Les cinq premiers mètres de la rive doivent impérativement être revégétalisés avec des espèces végétales permises et un accès au lac d'une largeur maximale allant jusqu'à cinq mètres dans certains cas est autorisé. De plus, la réglementation impose d'effectuer la vidange régulière des installations septiques et interdit le rejet dans les installations septiques, de produits contenant certains agents chimiques. L'usage d'engrais et de produits domestiques phosphatés est également interdit par la municipalité (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a, 2010b, 2013). Le temps de renouvellement de l'eau du lac, qui se

chiffre à près de deux ans (CRE Laurentides, 2013a), est l'un des facteurs d'exception ne favorisant pas la prolifération du myriophylle à épi dans le lac. En effet, le développement du myriophylle à épi dépend beaucoup de la présence en phosphore sédimentaire et le temps de renouvellement rapide de l'eau fait en sorte que le phosphore présent dans l'eau a moins de temps pour sédimenter (CRE Laurentides, 2013b). Malgré la nature de ce facteur, le rôle des fortes pressions anthropiques dans le secteur du lac à la Truite sur l'augmentation en phosphore dans le lac pouvant le rendre vulnérable à la prolifération du myriophylle à épi est très important (CRE Laurentides, 2009).

Les prévisions budgétaires de la municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts en 2018 impliquent un revenu de plus de 27 millions de dollars, dont près des deux tiers provenant des taxes. Les dépenses prévues sont égales aux revenus totaux estimés. Les dépenses liées à l'aménagement, l'urbanisme, le développement économique et l'environnement se chiffraient à un peu plus d'un million et demi de dollars, soit environ 300 000 \$ de moins qu'en 2017 (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.b). Il est difficile de connaître le montant exact des dépenses associé à l'environnement, encore moins celui associé à la protection des lacs. Sachant qu'il y a une trentaine de lacs à Sainte-Agathe-des-Monts (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a), le budget alloué cette année pour le contrôle et l'éradication du myriophylle à épi au lac à la Truite ne sera probablement pas conséquent à l'ampleur de la prolifération de l'espèce envahissante si une répartition équitable des coûts est envisagée pour chaque lac et sachant que les méthodes d'éradication sont dispendieuses (Olden et Tamayo, 2014). Cette réalité est un autre facteur qui accentue le degré de vulnérabilité du lac à la Truite face à la prolifération du myriophylle à épi. Autrement, aucune association environnementale ne veille à la santé du lac (CRE Laurentides, 2013a).

7.1.3 État d'avancement de la prolifération du myriophylle à épi et impacts engendrés

Les nombreux facteurs naturels et humains décrits précédemment ont contribué à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi au lac à la Truite. Ainsi, une étude montre qu'au début de l'automne 2012, le myriophylle à épi avait colonisé le lac à la Truite dans la quasi-totalité du plan d'eau où la profondeur était inférieure à six mètres. Cette région correspondait à presque l'entièreté de la zone littorale. Parmi les macrophytes caractérisés, le myriophylle à épi comptait pour la grande majorité des herbiers identifiés. La zone la plus touchée était localisée au nord-ouest du lac, où des herbiers submergés de plus de trois mètres étaient observables, tandis que le sud et le sud-ouest du lac semblaient être les zones les moins affectées par l'espèce envahissante. Au total, 50 000 mètres carrés d'étendue de surface

du lac étaient recouverts à plus de 40 pour cent par le myriophylle à épi (Denis-Blanchard et Carignan, 2013).

De nombreux impacts peuvent découler de la présence et de l'ampleur de la prolifération du myriophylle à épi au lac à la Truite. Ainsi, la biodiversité indigène peut être menacée par l'espèce envahissante tout comme la santé de l'écosystème aquatique. La présence de myriophylle à épi au lac à la Truite peut avoir comme effet de modifier les paramètres physicochimiques de l'eau et de modifier les concentrations en éléments et en nutriments disponibles pour la faune et la flore. L'adaptabilité incertaine de la biodiversité à ces changements peut compromettre sa survie (MFFP, 2006). La municipalité reconnaît que l'un des problèmes les plus importants des plans d'eau auprès des villégiateurs est la mauvaise qualité de l'eau (Goyer Marketing; 2006). Au lac à la Truite, le myriophylle à épi peut être en partie responsable de la mauvaise qualité de l'eau (MFFP, 2006). L'importance de ce problème est encore plus notable, puisqu'une prise d'eau potable est localisée au lac à la Truite (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010). À Sainte-Agathe-des-Monts, dans neuf résidences sur dix, au moins un membre s'adonne à la baignade (Goyer Marketing; 2006). Au lac à la Truite, la pratique de cette activité peut être compromise, voire dangereuse en raison de la densité des herbiers de myriophylle à épi présente dans la zone littorale. Les activités nautiques peuvent également être perturbées, voire impraticables en raison de l'espèce envahissante (ABV7, s. d.; MFFP, 2006). Les nombreux problèmes engendrés sur la biodiversité, les écosystèmes, la qualité de l'eau et les usages récréatifs par la présence alarmante du myriophylle à épi au lac à la Truite peuvent mener à une baisse de la valeur des propriétés riveraines. Les propriétaires riverains, qui sont nombreux à déplorer des taxes trop élevées, demandent ainsi une baisse de taxes (L'information du Nord Sainte-Agathe, 2016; MFFP, 2006; Olden et Tamayo, 2014).

7.2 Analyse de la vulnérabilité du lac Quenouille

Le lac Quenouille est situé dans les Laurentides à une altitude de près de 400 mètres sur les territoires de trois municipalités, soit majoritairement à Lac-Supérieur et à Val-des-Lacs, mais aussi à Sainte-Agathe-des-Monts. Le lac Quenouille et ses environs sont un lieu de villégiature depuis plus de 70 ans. Ainsi, plusieurs attraits (camp de vacances, camp de plein air, commerce) et de nombreuses propriétés riveraines permanentes et saisonnières bordent le lac. Celui-ci, localisé dans le bassin versant de la rivière Archambault, possède une superficie d'environ deux kilomètres carrés et demi. Son volume est d'environ huit millions et demi de mètres cubes et sa profondeur maximale dépasse 19 mètres. Un barrage est présent au nord de l'une des baies du lac Quenouille, soit la baie Charron, depuis plus d'un siècle et il a

été reconstruit il y a près d'une quarantaine d'années. Également, des crapets-soleils ont été répertoriés dans le lac dans la première moitié du 20^e siècle (CRE Laurentides, 2013b). La vulnérabilité du lac Quenouille face à la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi sera expliquée par l'entremise de divers facteurs naturels et humains qui caractérisent le lac et ses environs.

7.2.1 Contexte humain favorisant la colonisation du myriophylle à épi

Diverses pressions humaines peuvent rendre le lac Quenouille vulnérable à la colonisation du myriophylle à épi. Le nombre d'embarcations présentes sur le lac Quenouille est proportionnel à l'occupation en bordure du lac. Ainsi, en 2013, au moins 55 embarcations au total étaient possédées par les propriétaires riverains, dont plus des deux tiers étaient motorisées. Un accès au lac situé à l'auberge du P'tit Bonheur permet également aux résidents de mettre à l'eau leurs embarcations (CRE Laurentides, 2013b). Un code d'éthique pour améliorer entre autres la santé du lac a été élaboré par le CRE Laurentides, en concertation avec les propriétaires riverains qui ont été consultés via diverses rencontres (CRE Laurentides, 2013c). Le potentiel élevé de colonisation du myriophylle à épi au lac Quenouille lié à l'omission du nettoyage des embarcations par les propriétaires lorsqu'ils les transportent d'un lac à l'autre peut être à l'origine de la présence de l'espèce envahissante dans le plan d'eau (Carignan, 2017; MFFP, 2006). Malgré l'absence de débarcadère municipal, les touristes et résidents non riverains peuvent également profiter du lac avec leurs embarcations en les mettant à l'eau via cinq accès privés, bien que le code d'éthique du lac n'encourage pas de telles pratiques pour les embarcations motorisées. En période estivale, il est donc possible d'observer jusqu'à une centaine d'embarcations sur le lac, soit une forte fréquentation par les embarcations nautiques (CRE Laurentides, 2013b, 2013c). Les non riverains qui utilisent le lac sont les plus susceptibles de contribuer à la colonisation du myriophylle au lac Quenouille, puisque leurs embarcations ont souvent navigué auparavant sur d'autres plans d'eau (MFFP, 2006). Le nettoyage des embarcations au lac Quenouille n'étant pas règlementé, bien que recommandé dans le code d'éthique du lac (CRE Laurentides, 2013c), est un facteur qui augmente la menace de colonisation, puisque les usagers ne sont pas obligés de retirer les sédiments et résidus de plantes accrochés à leurs embarcations. Bien que des mesures de sensibilisation des usagers du lac aient été prises par les trois municipalités pour contrer la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi, celles-ci semblent insuffisantes à ce jour. Ainsi, le manque d'information sur les sites web des municipalités et la petite taille, le faible contenu et la répartition non optimale des panneaux informatifs font en sorte que le lac Quenouille peut être plus vulnérable à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi (Carignan, 2017).

Puisque le lac Quenouille est situé sur le territoire de trois municipalités, des efforts coordonnés doivent être mis en place en ce qui a trait aux décisions concernant le lac. Concernant les superficies attribuables à chacune des municipalités, celles-ci doivent décider des règlements et des pratiques d'un commun accord même si des réglementations différentes peuvent être appliquées aux abords du plan d'eau. Ainsi, des délais plus longs et davantage d'acteurs peuvent être requis dans les processus décisionnels et les décisions prises doivent satisfaire les trois municipalités. Ce faisant, les mesures appliquées pour réglementer les usages du lac peuvent découler de décisions qui ne sont pas toujours optimales pour la santé de l'écosystème lacustre. Ainsi, cette réalité administrative peut rendre davantage le lac vulnérable au myriophylle à épi si les décisions doivent satisfaire davantage de critères municipaux que de critères environnementaux (CRE Laurentides, 2013b).

7.2.2 Contexte naturel et humain favorisant la prolifération du myriophylle à épi

Plusieurs pressions anthropiques et naturelles peuvent rendre vulnérable le lac Quenouille à la prolifération du myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2013b; MFFP, 2006). Puisque le myriophylle à épi se développe généralement à des eaux peu profondes, la profondeur moyenne du lac Quenouille établie à 3,3 mètres rend le lac vulnérable à la prolifération de l'espèce envahissante (CRE Laurentides, 2013b; Smith et Barko, 1990). Moins de quinze pour cent de la superficie du lac est située dans des zones plus profondes que six mètres et même si la transparence de l'eau est considérée comme étant trouble (2,8 mètres en moyenne), les rayons du soleil se rendent jusqu'au fond du lac dans sur la majorité de la superficie en raison de la superficie élevée de la zone peu profonde (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2013b). L'hypsométrie du lac en ces conditions révèle que le myriophylle à épi pourrait se développer sur une superficie de 710 000 mètres carrés au lac Quenouille (Carignan, 2017; CRE Laurentides et Carignan, 2013b). Ainsi, l'espèce envahissante pourrait coloniser 77 pour cent de la superficie du lac jusqu'à une profondeur de 3,7 mètres. La profondeur plus prononcée dans la baie Creuse ferait en sorte que cette zone serait épargnée par la multiplication de la plante dans le lac (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2013b).

En 2013, la présence de 75 terrains vacants en bordure du lac, principalement à l'ouest de la baie Desjardins et à l'est de la baie Creuse, témoignait du potentiel de développement à proximité du plan d'eau. En plus de ces terrains, 161 résidences bordaient le lac, dont 73 à Val-des-Lacs, 76 à Lac-Supérieur et douze à Sainte-Agathe-des-Monts (CRE Laurentides, 2013b). En tout, 338 résidences sont présentes sur le bassin versant du lac Quenouille, ce qui induit un facteur d'impact de l'occupation humaine de

132 habitations/kilomètre carré de lac et une densité d'occupation du bassin versant de 21 habitations/kilomètre carré de bassin versant (CRE Laurentides, 2017c; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). La quasi-totalité du territoire adjacent au Lac Quenouille est à vocation résidentielle et récréative, tandis que des activités agroforestières ainsi que des forêts protégées occupent le reste du territoire (CRE Laurentides, 2013b). Tel qu'expliqué précédemment, l'artificialisation des bandes riveraines, la déficience des installations septiques et l'usage d'engrais et de produits domestiques phosphatés à proximité du lac peuvent augmenter la concentration en nutriments et la concentration en phosphore et en azote sédimentaire dans le lac qui alimentent le myriophylle à épi par le déversement, le ruissellement et l'infiltration de ces éléments (CRE Laurentides, 2009). Ces conséquences peuvent avoir été engendrées au lac Quenouille par l'occupation résidentielle aux abords du lac et du bassin versant. Bien que le taux d'occupation soit inférieur dans le bassin versant du lac Quenouille comparativement au bassin versant du lac à la Truite, la présence humaine contribue aux apports en nutriments, en phosphore et en azote sédimentaire pouvant jouer un rôle dans la vulnérabilité du lac face à la prolifération du myriophylle à épi, même si les concentrations rejetées en nutriments sont potentiellement moins élevées (CRE Laurentides, 2009; CRE Laurentides, 2017c; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). De plus, des facteurs naturels peuvent augmenter les concentrations en phosphore dans le lac. Par exemple, plusieurs pentes de plus de 31 degrés à proximité du lac favorisent l'érosion des sols. L'érosion peut entraîner le ruissellement de phosphore dans le lac qui alimente le myriophylle à épi. Les quelques milieux humides en périphérie du lac Quenouille à l'ouest et en amont de la baie Charron peuvent aussi alimenter le lac en phosphore, qui s'il sédimente peut générer des conditions favorables au développement du myriophylle à épi. Beaucoup de ruisseaux permanents et intermittents rejoignant le lac peuvent également être des sources et des vecteurs de nutriments. Les ruisseaux se déversant dans la baie Charron et la baie Creuse semblent contribuer de façon importante à ces apports (CRE Laurentides, 2013b). En 2013, la réglementation des trois villes sur le territoire desquelles le lac Quenouille s'étend obligeait les propriétaires riverains à posséder une bande riveraine naturelle de dix à quinze mètres de largeur sans possibilité de la modifier. Des espèces végétales permises devaient occuper les cinq premiers mètres de la rive et un accès au lac large d'au maximum 5 mètres était autorisé. Les trois municipalités sur lesquelles s'étend le lac Quenouille interdisent l'utilisation d'engrais sur leurs territoires (CRE Laurentides, 2013b). Les municipalités de Lac-Supérieur et de Sainte-Agathe-des-Monts imposent aux citoyens, via leur réglementation, d'effectuer la vidange régulière de leurs installations septiques et elles prohibent le rejet des certains agents chimiques nocifs dans les installations septiques. Tel qu'indiqué précédemment, la ville de Sainte-Agathe-des-Monts interdit l'usage domestique de produits phosphatés (Municipalité de Lac-

Supérieur, 2016; Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 2010a, 2010b, 2013). La présence de routes à proximité du lac peut être responsable de l'augmentation en sodium dans le lac qui favorise la prolifération du myriophylle à épi. Effectivement, le déversement de sels déglacant sur les routes en hiver peut résulter en l'acheminement de ces éléments dans le lac (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Il est estimé que l'on retrouve un kilomètre et demi de routes/kilomètre carré de bassin versant du lac Quenouille (CRE Laurentides, 2017c; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Ce taux moins élevé que pour le bassin versant du lac à la Truite peut résulter en une utilisation moindre de sels déglacant et cela peut potentiellement expliquer pourquoi les concentrations en sodium retrouvées dans le lac Quenouille sont moins élevées qu'au lac à la Truite, tel qu'il sera présenté dans la section suivante. Néanmoins, l'application de sels déglacant est un facteur de vulnérabilité non-négligeable concernant la prolifération du myriophylle à épi lié à la présence de sodium (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Enfin, la fréquentation importante du lac par les utilisateurs d'embarcations motorisées peut favoriser la prolifération du myriophylle à épi. En effet, les hélices des moteurs peuvent fractionner les tiges des herbiers de myriophylle à épi ce qui peut entraîner la reproduction de l'espèce envahissante par fragmentation (CRE Laurentides, 2013b; MFFP, 2006).

7.2.3 Contexte ne favorisant pas la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi

Malgré que plusieurs facteurs naturels et humains rendent vulnérable le lac Quenouille à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi, la nature de certains paramètres physicochimiques et biologiques du lac semble être moins favorables à la prolifération de l'espèce envahissante. Le temps de renouvellement de moins d'un an du lac Quenouille est considéré comme rapide. Ainsi, le phosphore dans l'eau est enrichi et il est présent en quantité moins importante dans le fond du lac, puisqu'il a moins le temps de sédimenter. Contrairement à certaines plantes aquatiques, le myriophylle à épi ne s'alimente pas du phosphore présent dans l'eau, mais plutôt du phosphore présent dans les sédiments. La fertilité des sédiments pour le développement du myriophylle à épi pourrait donc être moins bonne au lac Quenouille en raison des faibles concentrations potentielles en phosphore dans les sédiments. Le temps de renouvellement est donc un facteur au lac Quenouille qui ne favorise pas la prolifération du myriophylle à épi (Carignan, 2017; MDDELCC, 2017a; MFFP, 2006). Cependant, les pressions humaines sur le lac, tel qu'expliqué précédemment, peuvent alimenter le lac en phosphore et en azote (CRE Laurentides, 2009) et bien que ces éléments sédimenteront moins efficacement en raison du faible temps de renouvellement du lac, ils représentent tout de même une menace face à la prolifération du myriophylle à épi. Une importante superficie du fond du lac dont la profondeur varie entre deux et cinq mètres est densément

peuplée par le potamot de Robbins (*Potamogeton robbinsii*). Cela ne favorise pas la colonisation du substrat par le myriophylle à épi en raison d'une concentration en matière organique trop forte générée par la plante indigène en profondeur qui empêcherait le myriophylle à épi d'ancrer ses racines dans les sédiments et de récupérer l'azote et le phosphore nécessaire à son développement (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2018b). Également, la vulnérabilité du lac Quenouille face à la prolifération du myriophylle à épi pourrait être amoindrie en raison de la riche biodiversité végétale indigène présente qui compétitionne pour les ressources (Carignan, 2017). Lors d'une étude effectuée en 2012, la concentration en sodium dans le lac se chiffrait à 2,55 milligrammes par litre, ce qui est faible comparativement à celle mesurée au lac à la Truite qui était près de 20 fois plus élevée. Les données disponibles pour ce paramètre impliquent donc une vulnérabilité moins importante qu'au lac à la Truite liée à ce facteur quant à la prolifération du myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017; MFFP, 2006). La concentration en calcium au lac Quenouille était quant à elle de 4,25 milligrammes par litre, ce qui est sous le seuil de vulnérabilité de prolifération du myriophylle à épi qui est estimé à 6 milligrammes par litre (CRE Laurentides et Carignan, 2017). La concentration en carbone inorganique interdépendante des concentrations en cations serait donc insuffisante pour permettre au myriophylle à épi d'effectuer la photosynthèse (CRE Laurentides, 2018b). La conductivité spécifique de l'eau mesurée au lac Quenouille était de 82 μS par centimètre. Puisque la nature de ce dernier paramètre dépassait 75 μS par centimètre, il est possible d'envisager qu'en fonction de la conductivité spécifique du lac Quenouille, la vulnérabilité face à la prolifération du myriophylle à épi est accrue. La conductivité spécifique élevée dans le lac peut être due à la présence d'enclaves calco-silicatées dans le bassin versant ou bien à l'application de sels déglaçant sur les routes à proximité (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Cependant, d'autres mesures de la conductivité spécifique en 2009 et en 2010 à une profondeur d'un mètre ont révélé une conductivité spécifique moyenne de 31,5 μS par centimètre, ce qui est sous le seuil de vulnérabilité (CRE Laurentides, 2013b).

Autrement, la présence de l'Association des propriétaires du lac Quenouille, qui a pour objectif de protéger l'environnement et la qualité de l'eau du lac et la réglementation environnementale s'appliquant aux propriétaires riverains et aux usagers du lac sont des facteurs qui peuvent diminuer la vulnérabilité du lac face à l'espèce envahissante. L'association présente sur son site internet de l'information afin de sensibiliser les usagers du lac Quenouille à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi (Association des propriétaires du lac Quenouille, s.d.a, s. d.b; CRE Laurentides, 2013b). Le lac Quenouille s'est également doté d'un code d'éthique en 2013 élaboré par le CRE Laurentides en concertation avec les conducteurs d'embarcations. Ces derniers ont démontré une ouverture à améliorer leur pratique de

navigation concernant le myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2013c). Ainsi, en considérant uniquement la nature de certains paramètres physicochimiques et biologiques du lac Quenouille et certaines interventions de l'association, du CRE Laurentides et des instances municipales, la vulnérabilité du lac face à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi semble faible. Cependant, d'autres facteurs naturels et humains expliqués précédemment peuvent laisser sous-entendre l'inverse.

7.2.4 État d'avancement de la prolifération du myriophylle à épi et impacts engendrés

Plusieurs des facteurs naturels et humains présentés, qui confèrent un statut vulnérable au lac Quenouille face au myriophylle à épi, ont probablement eu une incidence sur le développement de l'espèce envahissante dans le plan d'eau. Il est estimé que le myriophylle à épi est présent au lac Quenouille depuis environ huit ans et que sa prolifération potentielle pourrait affecter l'usage du lac sur une superficie de près de 80 pour cent. Il est avancé que la présence assez récente du myriophylle à épi dans le lac ferait en sorte que sa multiplication ne serait pas maximale à ce jour (Carignan, 2017). Beaucoup de zones dans le lac sont affectées par le myriophylle à épi et la cartographie complète du lac en termes d'identification de l'espèce envahissante n'est pas complète à ce jour. La baie Charron semble être le premier secteur affecté par le myriophylle à épi, qui dès 2013, était dispersé en une centaine de tiges. La plante aurait proliféré considérablement la même année, notamment en raison de sa fragmentation causée potentiellement par les embarcations et le matériel des pêcheurs et par l'arrachage de la plante envahissante. La présence de l'espèce envahissante est possiblement reliée à sa colonisation dans le lac via un accès riverain dans la baie (Carignan, 2017). En 2017, six zones étaient recouvertes par des herbiers de myriophylle à épi dans la baie Charron, dont le plus gros herbier s'étendait sur environ 2250 mètres carrés, pour un total de 3300 mètres carrés. Environ mille tiges étaient également dispersées ailleurs dans la baie. Le myriophylle à épi était principalement concentré à des profondeurs inférieures à deux mètres. Même si la superficie des herbiers en 2015 demeure incertaine, il est estimé qu'à cette période, les herbiers de myriophylle à épi étaient plus denses que jamais et que leur superficie aurait diminué depuis. Le nombre d'individus isolé aurait quant à lui augmenté depuis l'introduction de l'espèce envahissante, témoignant d'une dispersion du myriophylle à épi dans la baie (Carignan, 2017). En 2017, une centaine de tiges de myriophylle à épi dispersées majoritairement à l'ouest de la baie Creuse ont été identifiées. Un herbier d'environ 800 mètres carrés a également été retrouvé dans une baie au sud-est du lac Quenouille. Un autre herbier de myriophylle à épi de 300 mètres carrés est aussi présent entre les baies Charron et Desjardins, cette dernière comportant quant à elle quelques individus de myriophylle à épi (Carignan, 2017). Le code d'éthique du lac Quenouille recommande aux utilisateurs du lac, notamment par l'entremise de bouées,

d'éviter de naviguer là où le myriophylle à épi prolifère. Des panneaux informatifs pour sensibiliser les usagers ont été installés près de plusieurs accès privés (CRE Laurentides, 2013b, 2013c).

Dans les différents secteurs du lac Quenouille affectés par le myriophylle à épi, des déséquilibres au niveau des paramètres physicochimiques qui entraînent des conséquences néfastes sur la biodiversité indigène peuvent être observés. La densité des herbiers peut obstruer la lumière nécessaire à la vitalité des autres espèces aquatiques. La distribution et les concentrations en nutriments utilisés par la flore ou qui sont nocifs pour elle peuvent également être altérées. L'anoxie au fond du lac et l'eutrophisation sont d'autres conséquences probables résultant de l'implantation du myriophylle à épi qui perturbe la biodiversité (MFFP, 2006). Les activités récréatives telles que la pêche dans les baies affectées peuvent être compromises par une densité trop importante de myriophylle à épi, car les hélices des moteurs et l'équipement nautique peuvent s'entremêler aux tiges de l'espèce envahissante. La forte utilisation du lac pour la baignade et les activités nautiques en raison des nombreux résidents riverains et la présence de camp de vacances est menacée par l'expansion du myriophylle à épi au lac Quenouille (CRE Laurentides, 2013b; MFFP, 2006). La valeur des propriétés riveraines aux abords des secteurs les plus affectés par l'espèce envahissante peut également chuter vu les potentiels de destitution des usages du lac (MFFP, 2006; Olden et Tamayo, 2014).

7.3 Conclusion partielle

L'analyse de la vulnérabilité des deux lacs face au myriophylle à épi a permis d'atteindre le deuxième objectif spécifique fixé. Beaucoup de facteurs naturels et anthropiques rendent vulnérables le lac à la Truite et le lac Quenouille à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi. L'absence de réglementation concernant le nettoyage des embarcations (CRE Laurentides, 2013c; S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018), l'accessibilité aux lacs, la présence d'embarcations motorisées (CRE Laurentides, 2013b; Denis-Blanchard et Carignan, 2013), la concentration en phosphore et en azote des sédiments en provenance notamment, de l'occupation humaine du territoire (nombre d'habitations dans le bassin versant) (CRE Laurentides, 2009, 2013b; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018), tout comme la nature de plusieurs facteurs environnementaux et de bons nombres de paramètres physicochimiques (CRE Laurentides, 2013b; CRE Laurentides et Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013), accentuent pour la plupart le niveau de vulnérabilité des plans d'eau à l'étude. Pour les deux lacs, cette vulnérabilité s'est traduite par une implantation et une prolifération conséquente du myriophylle à épi dans les milieux aquatiques (Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Le tableau présenté à l'Annexe 2

synthétise les facteurs de vulnérabilité des plans d'eau face à la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi. Différents critères qui découlent de la vulnérabilité des lacs ainsi qu'un outil d'aide à la décision seront présentés au prochain chapitre, via une analyse critique, afin d'évaluer par la suite la vulnérabilité des lacs face au myriophylle à épi et de choisir les stratégies préventives les méthodes de contrôle et d'éradication qui semblent les plus appropriées à mettre en œuvre selon l'état des lacs.

8 ÉLABORATION D'UN OUTIL D'ANALYSE D'AIDE À LA DÉCISION PERMETTANT D'ÉVALUER LES VULNÉRABILITÉS DES PLANS D'EAU FACE AU MYRIOPHYLLE À ÉPI ET DE DÉTERMINER LES STRATÉGIES PRÉVENTIVES ET LES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À APPLIQUER

Ce chapitre présente l'outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau face au myriophylle à épi et de choisir les mesures à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante. L'outil est applicable à tout type de plan d'eau. L'outil prend en compte le fait qu'il y a présence ou non de myriophylle à épi dans le plan d'eau, ainsi que des facteurs de vulnérabilités face à l'espèce envahissante et permet d'identifier les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication pour lutter contre le myriophylle à épi. La méthode d'analyse, la description des critères d'analyse, et l'outil d'aide à la décision sont présentés.

8.1 Méthode de l'analyse critique

Les critères d'analyse ont été déterminés en fonction des liens entre les facteurs de vulnérabilité et les caractéristiques, les avantages et les inconvénients des stratégies de prévention présentés aux Annexes 1 et 2, puisque ce sont ces éléments qui sont pertinents pour décider des mesures à employer pour lutter contre le myriophylle à épi dans des contextes variés comme ceux des deux lacs étudiés. Huit critères d'analyse ont été déterminés et font l'objet d'une description à la section suivante. À partir de ces critères, un outil d'aide à la décision (Tableau 8.1) a été conçu et est structuré en différentes sections : en premier lieu, sont identifiées les vulnérabilités et les stratégies liées à la colonisation du myriophylle à épi; en second lieu, sont identifiées les vulnérabilités et les stratégies liées à la prolifération du myriophylle à épi; et en troisième lieu, sont identifiées les méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi répertoriées dans la littérature. Chacune des sections de l'outil contient des questions et les réponses à ces questions permettent de documenter la vulnérabilité et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication les plus adaptées selon les recherches effectuées pour les cas étudiés. Dans l'outil d'aide à la décision, les questions rattachées aux stratégies de prévention ont été formulées de telle sorte que lorsque la réponse à une question est « non », l'action indiquée dans la question est à mettre en œuvre pour le plan d'eau étudié afin d'apporter des solutions à la problématique du myriophylle à épi. Concernant les méthodes de contrôle et d'éradication, l'outil d'analyse permet de déterminer pour chacune de celles-ci, si elles sont applicables selon les caractéristiques du contexte

étudié². Si une méthode est applicable, il est possible d'évaluer les avantages et les inconvénients de son utilisation, qui sont présentés au tableau de l'Annexe 1.

8.2 Description des critères d'analyse choisis

Les critères d'analyse décrits ci-après seront utilisés dans l'outil d'analyse d'aide à la décision.

- Acteurs décisionnels et groupes d'intervention :

Ce critère consiste à déterminer si une association environnementale et une patrouille veillent à la santé du plan d'eau afin que des décisions éclairées soient prises et afin d'orienter l'action dans la recherche de solutions (CRE Laurentides, 2013b).

- Nettoyage des embarcations à l'entrée et à la sortie du plan d'eau :

Ce critère consiste à déterminer la présence de station de nettoyage à proximité du plan d'eau ainsi que la nature de la réglementation et des mesures de sensibilisation existantes concernant le nettoyage des embarcations à l'entrée et à la sortie du plan d'eau. Ces éléments ont pour but de réduire les probabilités de colonisation du myriophylle à épi dans le plan d'eau (CRE Laurentides, 2015, 2016; MDDELCC, 2017b).

- Biodiversité indigène du plan d'eau :

Ce critère a pour objectif de savoir si la biodiversité indigène du plan d'eau a été caractérisée afin d'en apprendre sur sa composition et sa diversité pouvant influencer la colonisation et la prolifération potentielle du myriophylle à épi. Si la diversité du plan d'eau est grande, ce dernier est moins vulnérable, surtout en présence de certaines espèces compétitrices comme le potamot de Robbins (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2015; MDDELCC, 2016).

- Type d'embarcations navigant sur le plan d'eau :

Ce critère consiste à savoir si les embarcations motorisées sont autorisées ou non sur le plan d'eau et si des restrictions réglementaires ou des mesures de sensibilisations ont été prises afin de réduire leur présence sur le plan d'eau. Ces éléments ont pour but de réduire une potentielle prolifération de l'espèce

² Les informations présentées dans cet essai sont fournies à titre indicatif seulement et avant de procéder à toute intervention de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi dans un plan d'eau, une autorisation du MDDELCC est requise (Dufour, 2014). De plus, beaucoup de recherche scientifique reste encore à réaliser à ce sujet.

envahissante dans le plan d'eau liée à la fragmentation et à la dispersion de tiges de myriophylle à épi par les hélices des moteurs des embarcations (CRE Laurentides, 2015, 2016; MFFP, 2006).

- Zones navigables sur le plan d'eau :

Ce critère consiste à savoir si la navigation est interdite sur le plan d'eau dans les zones infestées par le myriophylle à épi et si des mesures de sensibilisations ont été prises en ce sens. Ces éléments ont pour but de réduire une potentielle prolifération de l'espèce envahissante dans le plan d'eau liée à la fragmentation et à la dispersion de tiges de myriophylle à épi par les embarcations (CRE Laurentides, 2013b, 2015, 2016; MFFP, 2006).

- Caractérisation, cartographie et signalisation du myriophylle à épi présent dans le plan d'eau :

Ce critère consiste à savoir si le myriophylle à épi a été caractérisé, cartographié et signalisé dans le plan d'eau afin de maximiser les efforts pour le contrôler (CRE Laurentides, 2015; MDDELCC, 2016).

- Concentration en nutriments et en phosphore et en azote sédimentaire dans le plan d'eau :

Ce critère consiste à connaître les mesures réglementaires concernant les bandes riveraines et les installations septiques et à savoir si l'usage d'engrais et de produits domestiques phosphatés est interdit à proximité du plan d'eau. Ces mesures ont pour objectif de réduire une potentielle prolifération de l'espèce envahissante issue de l'infiltration ou du ruissellement de nutriments, de phosphore et d'azote dans le plan d'eau pouvant augmenter la concentration en éléments nutritifs et en phosphore et en azote sédimentaire alimentant le myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2009, 2016; MFFP, 2006).

- Concentration en sodium dans le plan d'eau :

Ce critère consiste à déterminer si l'épandage de produits autres que des sels déglacant sur les routes et chemins à proximité du plan d'eau en hiver est réalisé. Ces éléments ont pour objectif de réduire une potentielle prolifération de l'espèce envahissante issue de l'infiltration ou du ruissellement de sels déglacant dans le plan d'eau pouvant augmenter la concentration en sodium et alimenter le myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2016; CRE Laurentides et Carignan, 2017).

8.3 Présentation de l’outil d’analyse d’aide à la décision permettant d’évaluer les vulnérabilités des plans d’eau et de déterminer les mesures à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi

Tableau 8.1 : Outil d’analyse d’aide à la décision permettant d’évaluer les vulnérabilités des plans d’eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d’éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi

1- Informations générales sur le plan d’eau		
Nom du plan d’eau :		
Type de plan d’eau (lac, étang, rivière, etc.) :		
Municipalité(s) dans laquelle(lesquelles) est localisé le plan d’eau :		
Municipalité régionale de comté (MRC) dans laquelle est(sont) localisée(s) la(les) municipalité(s) :		
Région administrative dans laquelle est localisée la MRC :		
Altitude du plan d’eau :		
Superficie du plan d’eau :		
Profondeur maximale du plan d’eau :		
2- Présence du myriophylle à épi dans le plan d’eau		
La présence du myriophylle à épi a-t-elle été détectée dans le plan d’eau (oui/non) ³ :		
3- Colonisation du myriophylle à épi		
3a- Vulnérabilité du plan d’eau face à la colonisation du myriophylle à épi		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Combien y’a-t-il d’accès publics et partagés pour embarcations nautiques aux abords du plan d’eau?		La vulnérabilité augmente avec le nombre d’accès
Combien y’a-t-il de grandes artères routières (autoroute) à proximité du plan d’eau permettant d’y accéder?		La vulnérabilité augmente avec le nombre de grandes artères routières
Y’a-t-il des centres urbains à proximité du plan d’eau permettant d’y accéder?		La vulnérabilité augmente s’il y a présence de centres urbains
Combien y’a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) infestés par le myriophylle à épi en amont du plan d’eau?		La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires infestés

³ Dans le cas où le myriophylle à épi a été détecté dans le plan d’eau, veuillez compléter toutes les sections de l’outil à l’exception de la section 3a. Dans le cas où le myriophylle à épi n’a pas été détecté dans le plan d’eau, veuillez compléter la section 3 uniquement.

Tableau 8.1 : Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

3b- Stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre ⁴			
	Oui	Non	NSP ⁵	NA ⁶	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Acteurs décisionnels et groupes d'intervention ⁷								
Y'a-t-il une association environnementale veillant à la santé du plan d'eau?								
Y'a-t-il une patrouille nautique présente sur le plan d'eau?								
Critère - Nettoyage des embarcations introduites dans le plan d'eau								
Y'a-t-il une station de nettoyage des embarcations à proximité du plan d'eau?								
Le nettoyage des embarcations est-il obligatoire avant l'entrée et après la sortie du plan d'eau selon la réglementation?								
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la colonisation potentielle du myriophylle à épi dans le plan d'eau liée aux embarcations non nettoyées sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?								
Critère - Biodiversité indigène du plan d'eau								
La flore indigène du plan d'eau a-t-elle été caractérisée?								
4- Prolifération du myriophylle à épi								
4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi								
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques						
Combien y a-t-il d'habitations dans le bassin versant par rapport à la superficie du plan d'eau (hab/km ²)?		La vulnérabilité augmente avec le nombre d'habitations (hab/km ²) (faible (0-400), modéré (400-900), élevé (900 et plus)) (CRE Laurentides, 2017b)						
Quelle est la densité d'habitations dans le bassin versant (hab/km ²)?		La vulnérabilité augmente avec la densité (hab/km ²) (faible (0-25), modéré (25-50), élevé (50 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)						

⁴ Les stratégies sont à mettre en œuvre si la réponse à la question est non.

⁵ Ne sais pas.

⁶ Non applicable.

⁷ Ce critère s'applique également aux stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi.

Tableau 8.1 : Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Quelle est la densité des routes dans le bassin versant (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²))?		La vulnérabilité augmente avec la densité (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²)) (faible (0-1,5), modéré (1,5-3), élevé (3 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)
Combien y'a-t-il de commerces, de camps, d'auberges, de motels, d'hôtels, de terres agricoles, d'industries, aux abords du plan d'eau?		La vulnérabilité augmente avec la multiplication des usages
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques possédées par les propriétaires riverains?		La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques motorisées possédées par les propriétaires riverains?		La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations motorisées
L'achalandage des embarcations nautiques sur le plan d'eau en été est-il important?		La vulnérabilité augmente plus l'achalandage est élevé
Les activités récréatives sur le plan d'eau et ses abords sont-elles fréquentes en été (baignade, plage publique, tourisme-villégiature)?		La vulnérabilité augmente avec la pratique d'activités récréatives
Quelle est la profondeur moyenne du plan d'eau?		La vulnérabilité augmente plus la profondeur moyenne est faible
Quelle est la transparence du plan d'eau?		La vulnérabilité augmente plus la transparence est élevée
Quelle proportion de la superficie du plan d'eau est-elle colonisable par les plantes aquatiques (hypsométrie) (faible profondeur, transparence élevée)?		La vulnérabilité augmente plus la proportion de la superficie colonisable est grande (faible (0-20 pour cent), modéré (25-50 pour cent), élevé (50 pour cent et plus)) (CRE Laurentides, 2017d)
Quelle est la diversité des plantes aquatiques indigènes du lac?		La vulnérabilité augmente moins la diversité est élevée (élevé (15 espèces et plus), modéré (10-15 espèces), faible (10 espèces et moins) (CRE Laurentides, 2017a)
Le potamot de Robbins est-il présent dans le plan d'eau?		La vulnérabilité augmente en absence du potamot de Robbins
Combien y'a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) en amont du plan d'eau?		La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires
La concentration en phosphore sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?		La vulnérabilité augmente avec la concentration en phosphore sédimentaire
La concentration en azote sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?		La vulnérabilité augmente avec la concentration en azote sédimentaire

Tableau 8.1 : Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)											
Information requise sur la vulnérabilité		Réponses		Remarques							
Quelle est la concentration en sodium dans le plan d'eau?				La vulnérabilité augmente si la concentration en sodium est supérieur à 10 milligrammes par litre							
Quelle est la concentration en calcium dans le plan d'eau?				La vulnérabilité augmente si la concentration en calcium est supérieur à 6 milligrammes par litre							
Quelle est la conductivité spécifique dans le plan d'eau et est-elle supérieure à 75 µS par centimètre?				La vulnérabilité augmente si oui (faible (0-40 µS/cm), modéré (41-125 µS/cm), élevé (125 et plus µS/cm)) (CRE Laurentides, 2017d)							
Y'a-t-il des enclaves calco-silicatées présentes dans le plan d'eau?				La vulnérabilité augmente plus la présence d'enclaves calco-silicatées est grande							
4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi											
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention				Réponses				Stratégies à mettre en œuvre			
				Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Type d'embarcations naviguant sur le plan d'eau											
L'utilisation d'embarcations motorisées sur le plan d'eau est-elle restreinte selon la réglementation?											
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?											
Critère - Zones navigables sur le plan d'eau											
La navigation d'embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi sur le plan d'eau est-elle restreinte selon la réglementation?											
Des bouées ont-elles été installées dans les zones infestées par le myriophylle à épi?											
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs et par les embarcations sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?											

Tableau 8.1 : Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre			
	Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Caractérisation, cartographie et signalisation du myriophylle à épi présent dans le plan d'eau								
Le myriophylle à épi a-t-il été caractérisé et sa répartition a-t-elle été cartographiée sur le plan d'eau?								
La présence et la localisation des herbiers et des tiges de myriophylle à épi dans le plan d'eau ont-elles été signalées?								
Critère - Concentration en nutriments et en phosphore et en azote sédimentaire dans le plan d'eau								
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder une bande riveraine naturelle ayant une largeur qui varie entre 10 et 15 mètres selon la pente?								
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder un accès au lac ayant une largeur maximale allant jusqu'à 5 mètres?								
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à végétaliser leurs bandes riveraines avec des espèces végétales permises?								
La réglementation interdit-elle aux propriétaires riverains l'artificialisation des bandes riveraines?								
La réglementation oblige-t-elle aux propriétaires riverains d'effectuer la vidange régulière de leur installation septique?								
L'usage d'engrais est-il interdit selon la réglementation près du plan d'eau?								
L'usage de produits domestiques phosphatés est-il interdit selon la réglementation à proximité du plan d'eau?								
Critère - Concentration en sodium dans le plan d'eau								
Y'a-t-il des mesures entreprises afin de minimiser l'utilisation de sels déglacant dans le bassin versant du plan d'eau?								

Tableau 8.1 : Outil d'analyse d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

5- Contrôle et éradication du myriophylle à épi						
Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi	Méthodes effectuées		Méthodes applicables ⁸		Méthodes recommandées ⁹	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ¹⁰						
Installer des barrières en fibre de verre au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ¹¹						
Installer des bâches en géotextile au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ¹²						
Arracher les tiges de myriophylle à épi par le faucardage manuel, des récolteuses mécaniques, des cultivateurs sous-marins et l'action de plongeurs ¹³						
Générer une inondation ou un rabattement hivernal du plan d'eau ¹⁴						
Appliquer des herbicides (2,4-D, diquat, etc.) dans le plan d'eau ¹⁵						
Introduire le charançon aquatique <i>Euhrychiopsis lecontei</i> dans le plan d'eau ¹⁶						

⁸ Une méthode est considérée applicable en raison de sa faisabilité telle qu'expliquée dans les notes 10 à 16.

⁹ Les méthodes peuvent être recommandées uniquement si elles ont été considérées d'une part, applicables et d'autre part, en fonction d'une analyse du contexte du plan d'eau ainsi que des avantages et des inconvénients des méthodes de contrôle et d'éradication (réf. : tableau de l'Annexe 1). Il est à noter que l'applicabilité et la recommandation des méthodes sont déterminées suite à l'analyse d'études existantes qui n'ont pas été testées par l'auteur de l'essai et qui ne l'engagent en rien.

¹⁰ Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

¹¹ Davantage applicable si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important et si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

¹² Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

¹³ Davantage applicable si la densité et la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau sont grandes et si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important.

¹⁴ Possiblement applicable uniquement si un barrage est présent sur le plan d'eau.

¹⁵ Au Québec, cette pratique n'est pas applicable puisqu'elle est interdite en vertu du Code de Gestion des pesticides.

¹⁶ Possiblement applicable uniquement si la présence d'espèces de crapets n'a jamais été répertoriée sur le plan d'eau.

8.4 Conclusion partielle

L'élaboration d'un outil d'aide à la décision simple d'utilisation permet pour tout type de plan d'eau d'évaluer la vulnérabilité qu'il y ait ou non présence de myriophylle à épi et de déterminer des mesures à appliquer selon le contexte. À cet effet, dans le cas d'un lac où il n'y a pas présence de myriophylle à épi, des stratégies de prévention pourront être facilement identifiables. De même, dans le cas d'un lac infesté par l'espèce envahissante, l'outil permet de proposer des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication potentielles. Ainsi, dans le chapitre suivant, l'outil d'aide à la décision sera appliqué pour les cas du lac à la Truite et du lac Quenouille afin de déterminer les mesures qui sont les plus appropriées ou adaptées, selon la littérature consultée, pour lutter contre l'espèce envahissante.

9 ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC À LA TRUITE ET DU LAC QUENOUILLE FACE AU MYRIOPHYLLE À ÉPI ET CHOIX DES STRATÉGIES PRÉVENTIVES ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À APPLIQUER POUR LUTTER CONTRE L'ESPÈCE ENVAHISSANTE DANS LES DEUX LACS

Les caractéristiques naturelles du lac à la Truite et du lac Quenouille ainsi que la forte présence anthropique à proximité des deux lacs les ont rendus vulnérables à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi. L'outil d'analyse d'aide à la décision permet pour les deux lacs (réf. : tableau de l'Annexe 3 et tableau de l'Annexe 4) d'évaluer leur vulnérabilité face au myriophylle à épi et de déterminer des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication qui pourraient s'appliquer et dont la mise en œuvre pourrait être recommandée. Ces mesures seront explicitées, en considérant les intervenants concernés, l'aperçu de l'échéancier de mise en œuvre, ainsi que des mesures de suivi de ces solutions. Enfin, un aperçu des impacts de la mise en œuvre de ces mesures dans le temps sera réalisé.

9.1 Évaluation de la vulnérabilité des deux lacs

La vulnérabilité pour les deux lacs a été évaluée en considérant uniquement la prolifération du myriophylle à épi, puisque l'espèce envahissante a déjà colonisé le lac à la Truite et le lac Quenouille. Les résultats sont consignés dans l'outil d'aide à la décision figurant dans le tableau de l'Annexe 3 et dans le tableau de l'Annexe 4 et reprennent en partie des informations sur la vulnérabilité exhaustive déjà présentées au chapitre 7.

9.2 Stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi

Les résultats de l'analyse (Annexes 3 et 4) ont permis d'établir les stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi à mettre en œuvre pour les deux lacs. Dans les sections sur les stratégies de prévention de l'outil d'aide à la décision, lorsque la réponse à la question est « non », une stratégie est à mettre en œuvre. Ces résultats sont présentés et explicités pour chacun des deux lacs.

Dans le cas des deux lacs à l'étude, il faut considérer qu'il y a déjà eu colonisation du myriophylle à épi. Donc, normalement il aurait été souhaitable que des mesures préventives aient été appliquées pour prévenir la colonisation de l'espèce envahissante. Autrement, puisque les deux lacs sont déjà colonisés, il importe tout de même de mettre en œuvre certaines mesures préventives pour éviter que d'autres résidus de myriophylle à épi soient introduits dans les lacs afin de ne pas neutraliser les actions destinées à prévenir la prolifération de l'espèce envahissante.

9.2.1 Cas du lac à la Truite

Les stratégies de prévention face à la colonisation proposées pour le lac à la Truite sont les suivantes :

- Créer une association environnementale ainsi qu'une patrouille nautique veillant à la santé du lac¹⁷ :

Afin de faciliter la meilleure prise de décisions à propos des enjeux environnementaux au lac à la Truite qui concernent le myriophylle à épi, la création d'une association environnementale veillant à la santé du lac est une alternative souhaitable (Association des propriétaires du lac Quenouille, s. d.b). Ainsi, plus il y aura une grande participation des citoyens (outre les mécanismes associés aux instances municipales), meilleure sera la mise en place d'actions réfléchies dans une vision à court terme pour se pencher sur la problématique du myriophylle à épi. Les actions à entrevoir par une future association touchent surtout la prévention de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi et peuvent impliquer un volet de sensibilisation citoyenne et la suggestion d'actions et de règlements à la municipalité. La création d'un code d'éthique pour le lac, la distribution de dépliants et l'organisation d'événements sont envisageables (CRE Laurentides, 2015). L'association environnementale pourrait être essentiellement formée de citoyens riverains dans une approche bénévole et sa création et son application serait ainsi peu coûteuse (Association des propriétaires du lac Quenouille, s. d.b). Cette solution est réalisable à court terme. Des rencontres périodiques entre les membres de l'association permettraient de faire le point sur l'avancée des actions entreprises, d'effectuer un suivi des solutions et d'ajuster le tir en conséquence. Compte tenu de la petite superficie du lac, la création d'une patrouille nautique sensibilisant les usagers du lac est une solution moins prioritaire que la création d'une association, mais cette perspective est également envisageable. La patrouille pourrait également permettre la mise à jour de l'inventaire des plantes aquatiques du lac (MDDELCC, 2016).

- Obliger les usagers, via la réglementation, à nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du lac :

L'absence de contraintes réglementaires environnementales lors de la mise à l'eau d'embarcations au lac à la Truite (S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018) est probablement responsable de la colonisation du myriophylle à épi dans le plan d'eau. En effet, les usagers sont autorisés à introduire leur embarcation dans l'eau même si des résidus de myriophylle à épi y sont accrochés ce qui facilite grandement la colonisation de l'espèce envahissante (S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018). L'adoption d'une

¹⁷ Cette stratégie est également applicable pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi.

règlementation, qui toucherait à la fois les propriétaires riverains et les usagers occasionnels du lac, qui obligerait les usagers à nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du lac à la Truite est une action prioritaire à instaurer pour prévenir la colonisation du myriophylle à épi au lac à la Truite et dans les autres lacs. Les spécificités techniques pour un nettoyage adéquat ont préalablement été expliquées (CRE Laurentides, 2015, 2016). La présence d'une station de nettoyage des embarcations près du lac à la Truite, soit au lac des Sables (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a), facilite la mise en place des mesures règlementaires au lac à la Truite puisqu'aucuns frais reliés à la construction d'une station de nettoyage ne seraient requis. La proximité de la station de nettoyage facilite aussi la mise en place de la règlementation puisque la station de nettoyage est facilement accessible pour les usagers du lac. Cette action est à mettre en œuvre à court terme par la municipalité. Le suivi du respect de la règlementation doit être constant dans une vision à long terme et s'appliquer durant la période d'achalandage en été pour maximiser les résultats. L'étiquetage des embarcations nettoyées et la surveillance quotidienne par une éventuelle patrouille nautique permettraient de faire le suivi du respect de la règlementation par les usagers, tout comme donner des constats d'infractions aux usagers ne respectant pas la règlementation (MDDELCC, 2016).

- Instaurer des mesures de sensibilisation auprès des usagers du lac visant à expliquer que le myriophylle à épi peut coloniser le lac par la mise à l'eau d'embarcations non nettoyées (distribution de dépliants, créer une rubrique d'information sur le site web de la municipalité, créer un code d'éthique pour le lac, installer des panneaux informatifs aux abords du lac (plage), installer des kiosques lors d'évènements, organiser des rencontres avec les riverains, etc.) :

L'absence de connaissances des usagers du plan d'eau concernant les risques de colonisation du myriophylle à épi par la mise à l'eau d'embarcations non nettoyées est également responsable de la colonisation de l'espèce envahissante au lac à la Truite (S. Lafrenière, courriel, 2 mars 2018). L'information étant difficilement accessible à proximité du lac, les usagers n'ont souvent pas connaissance du problème et sont encore moins outillés pour y faire face. Il importe donc d'instaurer des mesures pour sensibiliser les usagers du lac à la Truite à la colonisation du myriophylle à épi via la mise à l'eau d'embarcations non nettoyées (CRE Laurentides, 2015, 2016). D'autant plus que le lac est déjà colonisé, il faut également sensibiliser les usagers du lac à la Truite à l'importance du nettoyage des embarcations et du matériel avant d'aller sur d'autres plans d'eau (à la sortie du lac). La distribution de dépliants aux propriétaires riverains et la création d'une rubrique d'information sur le site web de la municipalité sont des actions à

envisager par la municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts. Le contenu de ces outils devrait informer les usagers quant à la façon dont le myriophylle à épi colonise les plans d'eau via les embarcations non nettoyées, les étapes de nettoyage requises pour conformer les embarcations mises à l'eau, ainsi que de la présence d'une station de nettoyage des embarcations à proximité du lac des Sables (CRE Laurentides, 2015, 2016; Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a). Des panneaux informatifs diffusant ces informations devraient également être placés à des endroits stratégiques sur la plage du lac ainsi que sur les terrains des chalets loués par l'entreprise « Chalet Chanteclair », afin d'informer les touristes et les citoyens non riverains de la problématique (Chalets Chanteclair, s. d.; CRE Laurentides, 2015; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Organiser des rencontres avec les propriétaires par la municipalité pour les sensibiliser est une option favorable, tout comme instaurer des kiosques pour sensibiliser les citoyens lors d'événements municipaux. Enfin, la création d'un code d'éthique pour le lac, qui véhiculerait les informations sur la colonisation et qui inciterait les usagers à adopter une conduite permettant d'éviter la colonisation du myriophylle à épi au lac à la Truite et dans les autres lacs par le nettoyage des embarcations est une action fortement recommandée (CRE Laurentides, 2013c, 2015). Les grandes lignes du code d'éthique pourraient apparaître sur les dépliants, sur le site web de la municipalité et sur les panneaux informatifs. Le code devrait également être affiché dans les chalets loués par l'entreprise « Chalet Chanteclair » (CRE Laurentides, 2013c, 2015; Chalets Chanteclair, s. d.). La mise en œuvre des mesures de sensibilisation serait à effectuer par la municipalité et par une future association veillant à la santé du lac. Le développement de ces mesures est réalisable à court terme tout comme leur application par les usagers du lac. Recenser, dans les années suivant le développement des mesures de sensibilisation, le nombre d'embarcations nettoyées dans la station de nettoyage près du lac des Sables (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a), ainsi que réaliser annuellement des sondages auprès de la population sur la connaissance des citoyens sur la colonisation des plans d'eau par des espèces envahissantes telles que le myriophylle à épi permettrait d'effectuer un suivi de l'application des stratégies de sensibilisation (CRE Laurentides, 2015).

9.2.2 Cas du lac Quenouille

Les stratégies de prévention face à la colonisation proposées pour le lac Quenouille sont les suivantes :

- Créer une patrouille nautique veillant à la santé du lac¹⁸ :

¹⁸ Cette stratégie est également applicable pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi.

L'ajout d'une patrouille nautique au sein de l'Association des propriétaires du lac Quenouille permettrait de renforcer les efforts de sensibilisation des usagers sur le lac. Cela permettrait de véhiculer les messages de l'association et de prévenir davantage la colonisation et la prolifération des espèces envahissantes. La formation d'une telle patrouille composée de membres de l'association pourrait agir aussi sur le respect de la réglementation concernant les espèces envahissantes comme le myriophylle à épi et de mettre à jour l'inventaire des plantes aquatiques. Cette action pourrait à titre bénévole être mise en œuvre dans un court laps de temps et être implantée chaque année sur le lac durant l'été (Association des propriétaires du lac Quenouille, s. d.b; MDDELCC, 2016).

- Obliger les usagers, via la réglementation, à nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du lac :

Tout comme au lac à la Truite, les usagers du lac Quenouille ne sont pas contraints de nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du lac (CRE Laurentides, 2013c), ce qui peut contribuer grandement à la colonisation du myriophylle à épi dans le lac Quenouille et dans les autres lacs. Ainsi, l'adoption à court terme d'un règlement par les municipalités de Sainte-Agathe-des-Monts, Lac-Supérieur et Val-des-Lacs obligeant les usagers à nettoyer toute embarcation ayant préalablement navigué sur un plan d'eau avant de la mettre à l'eau au lac Quenouille serait souhaitable pour diminuer les risques de colonisation (CRE Laurentides, 2015; MFFP, 2006). La station de nettoyage présente au lac des Sables est située à une plus grande distance du lac Quenouille que du lac à la Truite, mais elle demeure une option raisonnable pour y nettoyer une embarcation (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a). Un suivi annuel durant l'été par les municipalités et par une éventuelle patrouille nautique par rapport au respect de la réglementation par les usagers du lac pourrait être effectué par l'émission de constats d'infractions aux contrevenants et par l'étiquetage des embarcations nettoyées (MDDELCC, 2016).

- Améliorer les mesures de sensibilisation auprès des usagers du lac visant à expliquer que le myriophylle à épi peut coloniser le lac par la mise à l'eau d'embarcations non nettoyées (distribution de dépliants, améliorer les rubriques d'information sur les sites web des municipalités, agrandir et améliorer la disposition des panneaux informatifs aux abords du lac (accès privés, Auberge Le P'tit Bonheur), améliorer le contenu des panneaux informatifs aux abords du lac, installer des kiosques lors d'évènements, organiser d'autres rencontres avec les riverains, etc.) :

Le peu d'information fournie aux usagers du lac Quenouille par rapport aux enjeux de la colonisation du myriophylle à épi liés aux effets de la mise à l'eau d'embarcations non nettoyées, augmente les risques de colonisation de l'espèce envahissante dans le lac (Carignan, 2017). Les trois municipalités ont la responsabilité, en partenariat avec l'Association des propriétaires du lac Quenouille, d'améliorer leurs stratégies de sensibilisation à court terme auprès des usagers du lac afin de prévenir la colonisation du myriophylle à épi. Les messages véhiculés par ces mesures doivent informer les usagers du rôle joué par les embarcations non nettoyées dans la colonisation du myriophylle à épi et des façons de nettoyer leurs embarcations (CRE Laurentides, 2015, 2016). Également, l'inspection et le nettoyage manuel, qui peuvent être réalisés par tous les usagers, est la première étape à recommander. Les informer de la présence d'une station de nettoyage au lac des Sables à Sainte-Agathe-des-Monts est également souhaitable (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a). Les actions suivantes pourraient être mises en œuvre pour les usagers : distribuer des dépliants aux citoyens; améliorer les rubriques d'information sur les sites web des municipalités; faire agrandir et mieux disposer les panneaux informatifs présents aux cinq accès privés les plus achalandés du lac et à l'Auberge Le P'tit Bonheur ainsi qu'améliorer leur contenu; organiser davantage de rencontres avec les propriétaires riverains; et instaurer des kiosques informatifs lors d'évènements (CRE Laurentides, 2013b, 2015). Évaluer l'augmentation du nombre d'embarcations nettoyées annuellement à la station de nettoyage du lac des Sables donnerait un aperçu de l'efficacité des stratégies de sensibilisation, tout comme réaliser annuellement des sondages auprès de la population sur l'amélioration de sa connaissance de la problématique du myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2015; Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.a).

9.3 Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi

Les résultats de l'analyse (Annexes 3 et 4) ont permis d'établir les stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi à mettre en œuvre pour les 2 lacs. Dans les sections sur les stratégies de prévention de l'outil d'aide à la décision, lorsque la réponse à la question est « non », une stratégie est à mettre en œuvre. Ces résultats sont présentés et explicités pour chacun des deux lacs.

9.3.1 Cas du lac à la Truite

Les stratégies de prévention face à la prolifération proposées pour le lac à la Truite sont les suivantes :

- Restreindre, via la réglementation¹⁹, la navigation d'embarcations dans les zones du lac infestées par le myriophylle à épi et installer des bouées dans les zones du lac infestées :

En raison de l'occupation résidentielle quasi totale sur le pourtour du lac à la Truite, les usagers du lac sont principalement des plaisanciers propriétaires et des touristes louant des résidences appartenant à l'entreprise « Chalet Chanteclair » (Chalets Chanteclair, s. d.; Denis-Blanchard et Carignan, 2013; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Cette réalité implique que beaucoup d'embarcations sont possédées par les riverains et que l'achalandage des embarcations dans le lac à la Truite durant l'été est important. Sachant que la superficie du lac occupée par les herbiers de myriophylle à épi est importante et que les embarcations peuvent fragmenter les tiges de myriophylle à épi et ainsi contribuer à sa prolifération lorsqu'elles naviguent dans les zones infestées (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006), il importe que la municipalité prenne des mesures pour réduire les probabilités de prolifération de l'espèce envahissante. Il est donc souhaitable que la municipalité prenne des mesures pour restreindre la navigation d'embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2015, 2016). La zone concernée touche 40 pour cent de la superficie du lac, soit l'ensemble de la zone littorale inférieure à 6 mètres de profondeur (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). La municipalité pourrait également installer des bouées dans les zones concernées afin d'aviser les usagers sur les restrictions de navigation (CRE Laurentides, 2013b). Les mesures réglementaires s'adresseraient aux usagers du lac et leur mise en place peut s'effectuer à court terme. Un suivi annuel à long terme pourrait être effectué durant l'été de façon constante par une éventuelle patrouille nautique (MDDELCC, 2016).

- Instaurer des mesures de sensibilisation auprès des usagers du lac visant à expliquer que le myriophylle à épi peut proliférer par la fragmentation des tiges causées par les embarcations (distribution de dépliants, créer une rubrique d'information sur le site web de la municipalité, créer un code d'éthique pour le lac, installer des panneaux informatifs aux abords du lac (plage), installer des kiosques lors d'évènements, organiser des rencontres avec les riverains, etc.) :

Puisque l'achalandage des embarcations en été est important au lac à la Truite et que la superficie occupée par le myriophylle à épi est grande, il importe que les usagers du lac soient avisés des risques de

¹⁹ En vertu de la juridiction fédérale, une municipalité peut demander à ce que la navigation soit réglementée ou interdite sur un lac ou sur une partie de celui-ci et à ce que certains types d'embarcations soient réglementés ou interdits (Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), 2007).

prolifération de l'espèce envahissante causée par le passage d'embarcations qui fragmentent les tiges dans les zones infestées (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). Ainsi, des stratégies de sensibilisation véhiculant ce message et visant les usagers du lac sont à développer par la municipalité afin de réduire ces risques. Les mesures devraient inciter les plaisanciers à éviter de naviguer dans la zone littorale où pousse le myriophylle à épi au lac à la Truite (CRE Laurentides, 2015; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Les stratégies de sensibilisation qui peuvent être développées à court terme par la municipalité et par une future association pour le lac peuvent consister en la distribution de dépliants aux propriétaires riverains, en la création d'une rubrique d'information sur le site web de la municipalité, en l'installation de panneaux informatifs sur les terrains des chalets loués par « Chalet Chanteclair » (Chalets Chanteclair, s. d.; CRE Laurentides, 2015, 2016). La création de kiosques lors d'événements municipaux et l'organisation de rencontres avec les citoyens peuvent aussi être envisagées. La création d'un code d'éthique pour le lac sensibilisant les usagers à la prolifération du myriophylle à épi causée par les embarcations et l'affichage des grandes lignes du code dans les chalets loués, dans les dépliants, sur le site web de la municipalité et sur les panneaux informatifs permettrait d'informer les usagers sur la problématique (Chalets Chanteclair, s. d.; CRE Laurentides, 2015, 2016). La création d'une patrouille nautique sur le lac permettrait d'effectuer un suivi du respect des recommandations émises par les stratégies de sensibilisation (MDDELCC, 2016).

- Minimiser l'épandage de sels déglacant en hiver sur les routes et les chemins présents dans le bassin versant du lac :

La concentration anormalement élevée en sodium dans le lac à la Truite qui contribue au développement du myriophylle à épi est causée en grande partie par les activités humaines, particulièrement par l'épandage de sels déglacant sur les routes en hiver. Ces produits riches en sodium peuvent ruisseler ou s'infiltrer dans les sols et atteindre le lac (CRE Laurentides et Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). La longueur notable des routes dans le bassin versant par rapport à sa superficie est un autre facteur contribuant au problème (CRE Laurentides, 2017c ; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). La municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts peut atténuer la situation en minimisant, lorsque c'est possible, l'épandage de sels déglacant en hiver sur les routes et les chemins présents dans le bassin versant du lac (CRE Laurentides, 2015, 2016). Ainsi, les services de déneigement (Ministère des Transports pour l'autoroute 15) municipaux et les compagnies privées engagées pour déglacer les routes pourraient trouver des solutions plus écologiques en utilisant d'autres produits alternatifs pour les routes où

l'épandage de sels déglacant n'est pas nécessaire pour assurer la sécurité routière. Les mesures s'appliqueraient aussi aux citoyens, particulièrement aux propriétaires riverains qui désirent déglacer leurs entrées et les chemins à proximité de leurs résidences (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Des suivis annuels en hiver par la municipalité pourraient être effectués en désignant des employés responsables d'inspecter occasionnellement le contenu des camions déglacant et d'observer les produits déversés sur la chaussée en hiver. Cette mesure peut être développée à court terme et suivie à long terme.

9.3.2 Cas du lac Quenouille

Les stratégies de prévention face à la prolifération proposées pour le lac Quenouille sont les suivantes :

- Restreindre, via la réglementation (juridiction fédérale, voir note 19), l'utilisation d'embarcations motorisées sur le lac et la navigation d'embarcations dans les zones du lac infestées par le myriophylle à épi :

L'occupation résidentielle riveraine élevée au lac Quenouille et l'accès au lac via certains accès privés par les citoyens non riverains et les touristes font en sorte que l'achalandage des embarcations peut être important sur le lac en été. Plus d'une centaine d'embarcations peuvent être observées sur le lac durant la saison estivale. Il a été répertorié que près d'une quarantaine d'embarcations motorisées sont possédées par les propriétaires riverains du lac Quenouille. À ce nombre s'ajoutent les embarcations des touristes et des citoyens non riverains (CRE Laurentides, 2013b; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Cette situation peut augmenter le risque de prolifération du myriophylle à épi lié à la fragmentation des tiges par les hélices des moteurs des embarcations et par les embarcations non motorisées (MFFP, 2006). Puisque le myriophylle à épi a colonisé plusieurs zones du lac Quenouille dans des proportions parfois importantes (Carignan, 2017), il serait souhaitable que les trois municipalités prennent des mesures pour restreindre la navigation d'embarcations motorisées au lac Quenouille en effectuant une demande de modification au règlement fédéral régissant la navigation sur le lac. Également, afin de diminuer les risques de prolifération de l'espèce envahissante, les municipalités pourraient prendre des mesures pour restreindre la navigation de tout type d'embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2015; MFFP, 2006). Les mesures à instaurer s'adresseraient aux usagers du lac et pourraient être mises en œuvre et appliquées à court terme. Une éventuelle patrouille nautique pourrait assurer un suivi annuel durant l'été (MDDELCC, 2016). L'étiquetage des embarcations possédées par les propriétaires riverains pourrait être effectué pour les distinguer des embarcations possédées par les non-

riverains. La déclaration aux municipalités, par les propriétaires riverains, du nombre d'embarcations motorisées qu'ils possèdent permettrait également d'assurer le contrôle des embarcations motorisées naviguant sur le lac.

- Améliorer les mesures de sensibilisation auprès des usagers du lac visant à expliquer que le myriophylle à épi peut proliférer par la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs et par les embarcations (distribution de dépliants, améliorer les rubriques d'information sur les sites web des municipalités, agrandir et améliorer la disposition des panneaux informatifs aux abords du lac (accès privés, Auberge Le P'tit Bonheur), améliorer le contenu des panneaux informatifs aux abords du lac, installer des kiosques lors d'évènements, organiser d'autres rencontres avec les riverains, etc.) :

Le manque de connaissance des usagers du lac Quenouille concernant les risques de prolifération du myriophylle à épi liés au passage des embarcations motorisées dans les zones infestées, augmente les menaces de prolifération de la plante dans le lac (Carignan, 2017; MFFP, 2006). L'achalandage au lac Quenouille étant élevé en été et la zone du lac potentiellement colonisable étant grande, les risques de prolifération sont accrus (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2013b). L'amélioration des stratégies de sensibilisation auprès des usagers par les municipalités et l'association permettrait de prévenir davantage la prolifération si les usagers sont mieux conscientisés aux risques de prolifération liés au passage d'embarcations motorisées qui fragmentent les tiges dans les zones infestées (Carignan, 2017; MFFP, 2006). Les moyens à envisager pour divulguer l'information à la population sont les mêmes que ceux ayant été expliqués précédemment (CRE Laurentides, 2015). Créer une patrouille nautique qui sensibiliserait les usagers à la prolifération du myriophylle à épi permettrait de réaliser un suivi (MDDELCC, 2016).

- Compléter la caractérisation et la cartographie du myriophylle à épi présent sur le lac :

Afin de démarrer la mise en œuvre des méthodes de contrôle et d'éradication de l'espèce envahissante, il est nécessaire de localiser les herbiers de myriophylle à épi pour maximiser les efforts aux endroits les plus à risque (CRE Laurentides, 2015). Bon nombre d'herbiers et de tiges individuelles de myriophylle à épi ont été caractérisés et cartographiés à ce jour, mais l'ensemble du lac n'a pas été totalement inspecté (Carignan, 2017). Ainsi la complétion de la caractérisation et de la cartographie du myriophylle à épi au lac Quenouille par une éventuelle patrouille nautique est souhaitable pour prioriser les actions aux endroits

les plus affectés (CRE Laurentides, 2015; MDDELCC, 2016). Ces actions peuvent être entreprises à court terme et s'échelonner sur quelques années.

- Minimiser l'épandage de sels déglacant en hiver sur les routes et les chemins présents dans le bassin versant du lac :

La concentration en sodium dans le lac Quenouille est moins élevée qu'au lac à la Truite, et ce, probablement en raison de l'épandage de sels déglacant sur les routes du bassin versant en quantité moins importante que dans le bassin versant du lac à la Truite. En effet, la superficie occupée par les routes et les chemins par rapport à la superficie du bassin versant du lac Quenouille est moins importante que pour le bassin versant du lac à la Truite, ce qui génère un ruissellement et une infiltration plus faible du sodium issu de sels déglacant vers le lac (CRE Laurentides et Carignan, 2017; M. Laniel, courriel, 29 mars 2018). Néanmoins, l'application de sels déglacant dans le bassin versant du lac Quenouille pourrait éventuellement augmenter la concentration en sodium dans le lac à un taux rendant le lac plus vulnérable au développement du myriophylle à épi (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Les trois municipalités peuvent promouvoir des mesures pour minimiser l'épandage de sels déglacant sur les routes du bassin versant afin d'atténuer le problème. L'adoption des mesures peut s'effectuer à court terme par les autorités responsables du déneigement et les citoyens. Les mesures peuvent consister à remplacer les sels déglacant par des produits en homologation plus écologiques pour les routes où l'épandage de sels déglacant n'est pas nécessaire pour assurer la sécurité routière (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Un suivi annuel par la municipalité des produits utilisés sur les routes pour le déglacage peut être envisagé.

9.4 Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi

L'outil d'aide à la décision permet d'identifier les méthodes déjà effectuées dans les lacs ainsi que celles qui pourraient être appliquées en fonction de leur faisabilité. La mise en œuvre des méthodes peut être recommandée si elles sont applicables et en fonction d'une analyse du contexte du plan d'eau ainsi que des avantages et des inconvénients des méthodes de contrôle et d'éradication (réf. : tableau de l'Annexe 1). Les résultats de l'analyse (Annexes 3 et 4) ont permis d'identifier les méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi applicables et recommandées pour les deux lacs. Ces résultats sont présentés et explicités pour chacun des deux lacs²⁰.

²⁰ Il est à noter que l'applicabilité et la recommandation des méthodes sont déterminées suite à l'analyse d'études existantes qui n'ont pas été testées par l'auteur de l'essai et qui ne l'engagent en rien.

9.4.1 Cas du lac à la Truite

Les méthodes de contrôle et d'éradication proposées pour le lac à la Truite sont les suivantes :

- Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable et des bâches en géotextile au fond du lac sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi :

En fonction des facteurs de vulnérabilité identifiés au lac à la Truite, seulement deux méthodes d'éradication du myriophylle à épi ont été identifiées comme étant applicables et recommandées pour le lac. Il s'agit de l'application de toiles en jute biodégradable et de bâches en géotextile au fond du lac sur les zones infestées par le myriophylle à épi (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Lors de l'évaluation des méthodes applicables, l'installation de barrières en fibre de verre a été rejetée en raison des coûts élevés qu'elles impliquent et du budget environnemental limité de la ville de Sainte-Agathe-des-Monts (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.b). L'inefficacité des méthodes d'arrachage et leur propension à intensifier la prolifération du myriophylle à épi font en sorte que ces méthodes ne sont pas recommandables au lac à la Truite (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006). L'absence de barrage au lac à la Truite empêche l'application de méthodes générant une modification du niveau de l'eau, qui peuvent d'ailleurs éradiquer de façon drastique la biodiversité indigène (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). L'utilisation d'herbicides étant proscrite par la réglementation provinciale et leurs effets nocifs sur l'environnement ne permettent pas leur utilisation au lac à la Truite (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). Enfin, l'absence de donnée sur la présence d'espèces de crapets prédateurs du charançon aquatique *Euhrychiopsis lecontei* ne favorise pas le risque d'introduire l'insecte dans le plan d'eau (Lavoie, 2010). Ainsi, malgré que les barrières conviennent davantage à l'éradication de petites superficies de myriophylle à épi et sachant que la superficie couverte par le myriophylle à épi est élevée au lac à la Truite, l'application de toiles en jute ou de bâches en géotextile pourrait s'effectuer sur les zones les plus touchées (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). Les barrières recouvrent de petites superficies, mais il est possible d'en installer une quantité importante pour couvrir la totalité des zones infestées, dépendamment du budget disponible (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Le budget environnemental annuel de la ville de Sainte-Agathe-des-Monts consacré à la mise en œuvre de méthodes d'éradication du myriophylle à épi n'étant pas excessivement élevé (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.b), il conviendrait d'installer les barrières dans la zone littorale située au nord-ouest du lac, soit la zone la plus touchée par l'espèce envahissante, afin d'éradiquer une plus grande

superficie de myriophylle à épi (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Si le budget et les ressources humaines et temporelles le permettent, il serait souhaitable d'étendre la zone d'éradication aux autres zones infestées. Le jute étant moins dispendieux que le géotextile, il représenterait un investissement plus rentable à court terme. Cependant, sachant que les effets des méthodes d'éradications sont généralement effectifs sur une plus longue période et que les toiles en jute peuvent demander des coûts d'entretien et de remplacement plus importants que les bâches en géotextile, l'installation de ces dernières pourrait être plus rentable économiquement à long terme (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Également, malgré l'efficacité démontrée des deux types de barrières, l'efficacité du géotextile peut être totale comparativement au jute selon certaines études (Laitala et al., 2012). Les bâches en géotextile seraient également efficaces plus rapidement que les toiles en jute. L'installation des deux types de barrières étant facile, la municipalité pourrait développer l'expertise afin de les installer (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Selon le budget disponible et les autorisations nécessaires pour l'application de ces méthodes, leur application dans le temps serait réalisable à moyen ou à long terme. Un suivi annuel par la municipalité serait nécessaire durant tout le temps d'application des toiles afin d'effectuer leur entretien. Également, un suivi de l'évolution de l'éradication du myriophylle à épi serait nécessaire pour déterminer l'efficacité des actions posées (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a).

9.4.2 Cas du lac Quenouille

Les méthodes de contrôle et d'éradication proposées pour le lac Quenouille sont les suivantes :

- Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable et des bâches en géotextile au fond du lac sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi :

Deux méthodes d'éradication du myriophylle à épi ont été identifiées comme étant recommandables (Denis-Blanchard et Carignan, 2013) pour être implantées au lac Quenouille en raison des caractéristiques du lac et des méthodes d'éradication étudiées. Ainsi, comme au lac à la Truite, l'application de toiles en jute biodégradable et l'application de bâches en géotextile au fond du lac sur les zones infestées par le myriophylle à épi sont les méthodes retenues pour éradiquer l'espèce envahissante (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Malgré que la superficie du lac touchée par le myriophylle à épi soit élevée et que les barrières couvrent de petites superficies, celles-ci pourraient être installées dans les zones les plus touchées pour maximiser les résultats (Carignan, 2017; MFFP, 2006). Leur application dans

la baie Charron serait donc prioritaire. Si les budgets municipaux et les ressources humaines le permettent, étendre l'aire d'application des barrières dans le lac sur une plus longue période de temps est une solution envisageable (Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Ces deux types de barrières ayant un faible impact environnemental constituent des méthodes relativement peu dispendieuses comparativement à d'autres méthodes, d'autant plus que la superficie recouverte par les barrières peut être proportionnelle aux contraintes budgétaires (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Cette avenue est favorable dans le contexte présent dans la mesure où le budget alloué à l'environnement par la ville de Sainte-Agathe-des-Monts est limité et que ceux de Lac-Supérieur et de Val-des-Lacs sont inconnus (Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, s. d.b). Malgré une bonne efficacité démontrée par les toiles de jute et les bâches en géotextile, ces dernières semblent posséder une efficacité et un rendement économique supérieur ou égal aux toiles de jute à long terme. Les bâches en géotextile nécessitent un investissement de départ plus important que les toiles en jute et donc si les moyens le permettent, prioriser l'installation de davantage de bâches en géotextile que de toiles en jute pourrait être souhaitable. La municipalité serait responsable d'installer les barrières dans un horizon à moyen ou à long terme et d'assurer le suivi annuel de leur entretien à long terme (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; Laitala et al., 2012; MDDELCC, 2017a). Un suivi annuel de la diminution de la superficie du myriophylle à épi permettrait de vérifier l'efficacité des méthodes d'éradication. L'option d'utiliser des toiles en fibre de verre pour éradiquer le myriophylle à épi a été rejetée au lac Quenouille en raison des coûts dispendieux de leur application (Denis-Blanchard et Carignan, 2013). Également, bien que des méthodes d'arrachage aient préalablement été pratiquées dans le lac, celles-ci peuvent avoir intensifié la prolifération du myriophylle à épi, ce qui fait en sorte que ces méthodes ne sont pas recommandées (MDDELCC, 2007, 2017a; MFFP, 2006). La juridiction provinciale empêche l'utilisation d'herbicides pour éradiquer l'espèce envahissante, ce qui ne permet l'emploi de cette méthode au lac Quenouille (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). La présence d'un barrage dans la baie Charron permettrait l'application de méthodes faisant varier le niveau de l'eau. Cependant, leur application ne sont pas recommandées en raison de leur effet nocif, voir mortel sur la biodiversité indigène du lac (CRE Laurentides, 2013b; Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MFFP, 2006). Enfin, la présence d'espèce de crapets identifiés dans le lac durant la première moitié du 20^e siècle ne permet pas l'introduction du charançon aquatique *Euhrychiopsis lecontei* pour éradiquer le myriophylle à épi, puisqu'il y a des risques que l'insecte soit prédaté si des crapets sont toujours présents dans le lac Quenouille (CRE Laurentides, 2013b; Lavoie, 2010).

9.5 Anticipation des impacts de l'application des stratégies et méthodes choisies pour les 2 lacs

Plusieurs impacts positifs découlant de l'instauration et de l'amélioration des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication sont à prévoir au lac à la Truite et au lac Quenouille. Ainsi, la création d'une association, ayant pour mission la protection de l'environnement, pour le lac à la Truite et d'une patrouille nautique pour les deux lacs permettrait d'accroître la participation citoyenne dans le maintien de la pérennité des lacs. Ceci aurait pour effet que les décisions prises et leur suivi seraient davantage en adéquation avec la réalité des lacs puisque les riverains auraient un moyen concret d'agir dans leur propre milieu. Davantage d'actions et de mobilisation pourraient être entreprises tout comme un soutien continu pour la santé des lacs. Les suivis des réglementations et des mesures concernant le myriophylle à épi seraient plus efficaces par l'ajout d'une patrouille nautique qui agirait également dans un effort de sensibilisation citoyenne (Association des propriétaires du lac Quenouille, s. d.b; MDDELCC, 2016). Ainsi, ces initiatives permettraient de conscientiser davantage les usagers et de les rapprocher des préoccupations environnementales qui impactent les lacs. Des citoyens plus avisés seraient davantage réceptifs aux mesures de prévention et de contrôle entreprises pour lutter contre le myriophylle à épi. Obliger aux usagers le nettoyage de leurs embarcations avant leur mise à l'eau dans les deux lacs et à leur sortie permettrait de réduire les probabilités de colonisation du myriophylle à épi dans les plans d'eau puisque moins de résidus de plante envahissante seraient accrochés aux embarcations (CRE Laurentides, 2015; MFFP, 2006). La restriction d'utilisation d'embarcations motorisées au lac Quenouille de même que les restrictions quant à la navigation dans les zones infestées par le myriophylle à épi dans les deux lacs permettraient de prévenir la prolifération du myriophylle à épi. Les tiges seraient moins susceptibles d'être coupées par les hélices des embarcations, de se multiplier et de se disperser dans les lacs (CRE Laurentides, 2015; MFFP, 2006). L'ajout et l'amélioration des stratégies de sensibilisation incitant les usagers à respecter les actions véhiculées par ces mesures réglementaires permettraient de favoriser un climat plus sain dans le respect de ces mesures par les usagers. Instaurer une culture rapprochant les riverains des problématiques environnementales est à la base de la résolution de conflits tels que la problématique du myriophylle à épi (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2015). La mise sur pied d'un plan de gestion par les municipalités visant à diminuer l'épandage de sels déglaçant sur les routes diminuerait considérablement les apports dans les deux lacs en sodium, ce qui aurait pour effet de générer des conditions environnementales moins propices au développement du myriophylle à épi. Le lac à la Truite bénéficierait particulièrement de cette initiative en raison de la concentration critique en sodium dans le lac qui alimente la prolifération de l'espèce envahissante (CRE Laurentides et Carignan, 2017). Ainsi, l'ensemble de ces mesures et stratégies de sensibilisation aurait pour effet dans le temps de prévenir la

colonisation et la prolifération du myriophylle à épi dans les deux lacs (CRE Laurentides, 2015). Enfin, l'application des deux méthodes d'éradication, soit les toiles en jute et les bâches en géotextile auraient pour effet à long terme de diminuer la densité et la superficie du myriophylle à épi aux endroits où les barrières seraient appliquées. Ces méthodes d'éradication auraient des conséquences environnementales néfastes peu importantes sur la biodiversité indigène, surtout en comparaison avec des méthodes aux effets plus drastiques (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Ainsi, si les toiles sont appliquées aux endroits prioritaires, c'est-à-dire dans les lieux les plus densément peuplés par les herbiers de myriophylle à épi, il est possible d'estimer que dans les années suivant l'application des barrières, que la superficie et la densité occupées par le myriophylle à épi au nord-ouest du lac à la Truite et dans la baie Charron du lac Quenouille devrait diminuer en grandes proportions aux endroits où les barrières seraient installées. La diminution du myriophylle à épi devrait augmenter plus la superficie couverte par les barrières est grande (Carignan, 2017; Denis-Blanchard et Carignan, 2013).

9.6 Conclusion partielle

L'évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille face au myriophylle à épi et le choix des différentes stratégies préventives et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante dans les deux lacs a permis d'atteindre l'objectif général de l'essai, ainsi que les deux derniers objectifs spécifiques. L'utilisation de l'outil a permis de mettre en évidence certaines différences dans les mesures préventives recommandées pour les deux lacs. Ainsi, l'absence d'une association environnementale au lac à la Truite contrairement au lac Quenouille, suggère fortement la mise en œuvre de cette stratégie (Association des propriétaires du lac Quenouille, s. d.b). Concernant les stratégies à appliquer pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi, les interventions au lac Quenouille devraient s'orienter dans l'imposition de davantage de restrictions afin de diminuer l'utilisation de moteurs sur le lac, action déjà mise en œuvre au lac à la Truite (CRE Laurentides, 2013b; CRE Laurentides, 2015). Des bouées pourraient être installées au lac à la Truite dans les zones infestées par l'espèce envahissante, comme c'est le cas au lac Quenouille (CRE Laurentides, 2013c). La complétion de la caractérisation du myriophylle à épi au lac Quenouille, chose faite au lac à la Truite, constitue également une différence dans les stratégies à mettre en œuvre (CRE Laurentides, 2015; MDDELCC, 2016). Enfin, la mise en place de stratégies de sensibilisation face à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi est à envisager au lac à la Truite, tandis qu'elles doivent être améliorées au lac Quenouille (Carignan, 2017; CRE Laurentides, 2015). Les autres stratégies préventives identifiées à mettre en œuvre pour faire face à la colonisation et à la prolifération du myriophylle à épi au lac à la Truite et au lac

Quenouille sont semblables pour les deux lacs, tout comme les méthodes de contrôle et d'éradications recommandées. L'outil d'aide à la décision permet d'effectuer une analyse rigoureuse de tous les aspects qui concernent les mesures à mettre en œuvre pour lutter contre le myriophylle à épi et en ce sens il pourrait être rendu disponible pour tout intervenant qui souhaite mettre en place des actions dans un contexte touché par la problématique du myriophylle à épi.

CONCLUSION

La problématique du myriophylle à épi est complexe, tant au niveau des impacts que l'espèce envahissante génère que dans la recherche de solutions pour la contrôler et l'éradiquer. La capacité d'adaptation du myriophylle à épi à divers contextes fait en sorte que de multiples causes peuvent être à l'origine de son implantation et la découverte des problèmes liés à sa présence survient souvent lorsque le myriophylle à épi est déjà bien implanté (MFFP, 2006). L'objectif général de cet essai était d'évaluer les vulnérabilités du lac à la Truite et du lac Quenouille face au myriophylle à épi et de déterminer les stratégies préventives et les méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre pour lutter contre l'espèce envahissante dans les deux lacs. Les solutions testées au Québec pour lutter contre le myriophylle à épi possèdent à la fois leurs forces et leurs limites, ce qui nécessite de considérer le contexte naturel et humain dans la recherche de solutions applicable au milieu où l'on souhaite choisir les solutions les plus appropriées. Également, beaucoup de recherche reste encore à faire à ce sujet. L'objectif général de l'essai a été atteint par l'accomplissement de divers objectifs spécifiques qui ont permis d'apporter les solutions les plus appropriées pour lutter contre le myriophylle à épi au lac à la Truite et au lac Quenouille. Ainsi, l'accomplissement de divers objectifs spécifiques a permis de cheminer dans l'élaboration d'un outil d'aide à la décision permettant d'évaluer les vulnérabilités des plans d'eau et de choisir les stratégies et les méthodes applicables pour lutter contre le myriophylle à épi dans divers contextes. L'outil, qui convient pour tout type de plan d'eau, a été appliqué au lac à la Truite et au lac Quenouille. L'élaboration de l'outil représentait un objectif spécifique qui a été atteint. Les autres objectifs spécifiques ont également été atteints. Ainsi, la revue de littérature a permis de documenter les causes de la colonisation et de la prolifération du myriophylle dans les plans d'eau ainsi que de dresser un portrait global des impacts lui étant associés. La revue de littérature a aussi mené à établir un inventaire exhaustif des différentes stratégies de prévention et méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi testées au Québec. L'analyse des contextes naturel et humain du lac à la Truite et du lac Quenouille a permis de mettre en évidence les vulnérabilités des deux lacs face à l'espèce envahissante. Enfin, l'explicitation de l'application et du suivi de la mise en œuvre des mesures choisies permet d'envisager la réalisation d'actions concrètes pour les deux lacs étudiés. Les mesures recommandées à mettre en œuvre pour le lac à la Truite et le lac Quenouille consistent principalement à établir et à améliorer les règlements, les mesures et les stratégies de sensibilisation concernant la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi (CRE Laurentides, 2015). L'installation de toiles en jute ou de bâches en géotextile est également souhaitable dans les deux contextes pour contrôler et éradiquer l'espèce envahissante (Denis-Blanchard et Carignan, 2013; MDDELCC, 2017a). Tester l'outil d'analyse d'aide à la décision pour d'autres lacs ayant des

vulnérabilités variables permettrait d'apporter des solutions à la problématique du myriophylle à épi dans d'autres milieux et d'établir des généralités concernant les solutions à adopter par rapport aux caractéristiques propres des lacs. Ainsi, au fil du temps, le choix des mesures à adopter selon les contextes étudiés deviendrait de plus en plus facile à déceler. Cela permettrait de faire des avancées dans le choix des stratégies et méthodes pour lutter contre le myriophylle à épi. Il serait également intéressant de bonifier et de mettre à jour l'outil d'aide à la décision en tenant compte de l'évolution des connaissances dans le domaine, afin de pouvoir appliquer les techniques les plus novatrices pour faire face à la problématique du myriophylle à épi.

RÉFÉRENCES

- Agence de bassin versant des 7 (ABV7). (s. d.). Le myriophylle à épi. Repéré à <http://www.abv7.org/administration/content/UserFiles/File/Especes%20aquatiques%20envahissantes/myriophylleaepi.pdf>
- Association des propriétaires du lac Quenouille. (s. d.a). Mission. Repéré à http://lacquenouille.ca/?page_id=374
- Association des propriétaires du lac Quenouille. (s. d.b). Myriophylles à épis. Repéré à http://lacquenouille.ca/?page_id=1323
- Carignan, R. (2017). *Le myriophylle à épi et les autres plantes aquatiques du lac Quenouille*. (Rapport de projet de recherche). Québec, Canada.
- Chalets Chanteclair. (s. d.). Chalets Chanteclair vous offre la location de Chalets Suisse quatre étoiles dans la région des Laurentides, Québec. Repéré à <https://chalets.ca/fr/chalets/>
- Comité du bassin versant de la rivière du lièvre (COBALI). (2016). *Myriophylle à épis : une plante aquatique exotique envahissante*. Repéré à <https://www.cobali.org/wp-content/uploads/2016/11/Myriophylle-%C3%A0-%C3%A9pis-COBALI.pdf>
- Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes (CQEEE). (2014). Myriophylle à épis et myriophylle aquatique. Repéré à http://vecteurs.cqeee.org/?page_id=190
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2009). Le phosphore et l'azote. Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2013a). L'Atlas des lacs des Laurentides : Lac à la Truite. Repéré à <https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/atlasdeslacs?lac=12186>
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2013b). *Plan directeur du lac Quenouille*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à https://municipalite.val-des-lacs.qc.ca/images/documents/Environnement/Plan_directeur_lac_Quenouille.pdf
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2013c). *Les usages et la navigation au lac Quenouille*. (Rapport technique). Repéré à <http://lacquenouille.ca/documents/Codeethiquefr.pdf>
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2015). Faits saillants du sondage sur les plantes aquatiques exotiques envahissantes. Repéré à http://www.crelaurentides.org/images/images_site/documents/sondages/sondagepae.pdf
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2016). *Les plantes aquatiques exotiques envahissantes : le myriophylle à épi*. Repéré à

http://www.crelaurentides.org/images/images_site/documents/guides/Guide_Myriophylle_FR.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2017a). *Détection et identification des plantes aquatiques exotiques et indigènes dans les lacs de la MRC d'Argenteuil*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/dossiers/eau_lacs/Livrables_2017/Rapports_PAEE/Rapport_plantes_ARG2017.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2017b). *Plan directeur du lac Doré*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/dossiers/eau_lacs/Livrables_2017/Plans_directeurs/11950_Dore_PDlac2017.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2017c). *Plan directeur du lac Paul*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/dossiers/eau_lacs/Livrables_2017/Plans_directeurs/12095_Paul_PDlac2017.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2017d). *Suivi complémentaire de la qualité de l'eau*. (Rapport technique). Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/dossiers/eau_lacs/Livrables_2017/Fiches%20multi_sonde/Numero_Arc-en-ciel_SC2017.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2018a). *Vulnérabilité des lacs du Parc national du Mont-Tremblant à la colonisation par le myriophylle à épi – Sommaire 2016-2017*. (Rapport de projet de recherche). Québec : CRE Laurentides.

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides). (2018b). *Vulnérabilité des lacs de la MRC d'Argenteuil à la colonisation par le myriophylle à épi*. (Rapport de projet de recherche). Québec : CRE Laurentides.

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) et Carignan R. (2013a). *Hypsométrie du lac*. Repéré à http://crelaurentides.org/images/images_site/documents/atlas/Hypsometrie/12186_Hypso_Truite.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) et Carignan R. (2013b). *Hypsométrie du lac*. Repéré à http://crelaurentides.org/images/images_site/documents/atlas/Hypsometrie/12110_Hypso_Quenouille.pdf

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) et Carignan R. (2017). *Vulnérabilité des lacs du Parc national du Mont-Tremblant à la colonisation par le myriophylle à épi*. (Rapport de projet de recherche). Québec, Canada : CRE Laurentides

Denis-Blanchard, A. et Carignan, R. (2013). *Le myriophylle à épis au lac à la Truite : État du problème en septembre 2012 et pistes de contrôle*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à

<http://docplayer.fr/29618615-Le-myriophylle-a-epis-au-lac-a-la-truite-etat-du-probleme-en-septembre-2012-et-pistes-de-controle.html>

Department of Natural Resources State of Minnesota. (2017). Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*). Repéré à <http://www.dnr.state.mn.us/invasives/aquaticplants/milfoil/index.html>

Doyon, N. (s.d.). La bande riveraine. Repéré à http://www.cobamil.ca/sites/default/files/files/protection_bande_riveraine.pdf

Dufour, V. D. (2014). Plantes aquatiques exotiques envahissantes : Autorisations Provincial vs Municipal. Repéré à https://crelaurentides.org/images/images_site/evenements/eau_lacs/2014/PAEE/V.Dufour.pdf

Goyer Marketing. (2006). *Étude sur les villégiateurs de la MRC des Laurentides*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à <https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/fr/documents/RapportVillegiateurs.pdf>

L'information du Nord Sainte-Agathe. (2016, 9 septembre). Les propriétaires riverains du lac à la Truite réclament une baisse d'évaluation. *L'information du Nord Sainte-Agathe*. Repéré à <http://www.linformationdunordsainteagathe.ca/actualites/politique/2016/9/9/les-proprietaires-riverains-du-lac-a-la-truite-reclament-une-bai.html>

L'information du Nord Sainte-Agathe. (2017, 16 mai). Myriophylle à épis : les propriétaires du lac Quenouille passent à l'action. *L'information du Nord Sainte-Agathe*. Repéré à <http://www.linformationdunordsainteagathe.ca/actualites/2017/5/16/myriophylle-a-epis--les-proprietaires-du-lac-quenouille-passent-.html>

Laitala, K. L., Prather, T. S., Thill, D., Kennedy, B. et Caudill, C. (2012). Efficacy of Benthic Barriers as a Control Measure for Eurasian Watermilfoil. *Invasive Plant Science and Management*, 5, 170-177.

Lavoie, C. (2017, 25 juillet). Myriophylle : mythes et réalités. *La Tribune*. Repéré à <https://www.latribune.ca/opinions/myriophylle--mythes-et-realites-c096aa68bd2608261adf7330b1d9ac70>

Lavoie, M. (2010). *L'utilisation du charançon pour le contrôle biologique du myriophylle à épis*. (Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec). Repéré à <http://www.archipel.uqam.ca/2790/1/M11280.pdf>

Michon, G. (2015). *Contrôle du myriophylle à épi (Myriophyllum spicatum) par l'utilisation de toiles de jute au lac Pémichangan*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à http://www.abv7.org/administration/content/UserFiles/File/Especes%20aquatiques%20envahissantes/2015_Contrôle_du_myriophylle_Rapport_Pemichangan.pdf

Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT). (2007). *Planification et gestion des lieux de villégiature*. Repéré à https://www.mamot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/documentation/guide_gestion_lieux_villegiature.pdf

- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2006). *Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à Touladi*. Repéré à <ftp://ftp.mrnf.gouv.qc.ca/Public/Bibliointer/Mono/2011/06/0920649.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2007). *Guide d'analyse des projets d'intervention dans les écosystèmes aquatiques, humides et riverains assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement*. Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2016). *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/paee/protocole-detection-suiviPAEE.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017a). *Espèces exotiques envahissantes : Myriophylle à épi*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/myriophylle-epi/index.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017b). *Lacs et cours d'eau où la présence du myriophylle à épi (Myriophyllum spicatum) a été rapportée – mars 2017*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/myriophylle-epi/carte-repartition.pdf>
- Ministry of Environment Ministry of British Columbia. (2011). *Water Quality: Eurasian Watermilfoil in British Columbia*. Repéré à <http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/brochures/milfoil.html>
- Municipalité de Lac-Supérieur. (2016). *Règlement numéro 2016-575 sur l'application du règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées*. Repéré à <http://lacsup.mbiance-dev3.com/medias/files/environnement/2016-575%20-%20R%C3%A8glement%20application%20du%20Q-2%20r.22.pdf>
- Nature-Action Québec. (2006). *Connaissez-vous cette espèce exotique envahissante? : Le myriophylle à épi*. Repéré à http://nature-action.qc.ca/site/sites/default/files/pdf/ressources/myriophylle_a_epi.pdf
- Olden, J. D. et Tamayo, M. (2014). Incentivizing the Public to Support Invasive Species Management: Eurasian Milfoil Reduces Lakefront Property Values. *Plos One*, 9(10), 1-6. Repéré à <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0110458>
- Olivier, J. (2017, 15 juin). Une propriété perd 16% de sa valeur à cause d'elle. *Météo Média*. Repéré à <https://www.meteomedia.com/nouvelles/articles/cette-plante-peut-ruiner-la-valeur-dun-lac-/83235>
- Pêches et Océans Canada. (2016). *Myriophylle en épi*. Repéré à <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/environmental-environnement/ais-eae/species/eurasian-water-milfoil-fra.html>

- Radio-Canada. (2016, 5 juillet). Le myriophylle à épi : toujours une menace en Estrie. *Radio-Canada*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/791063/myriophylle-epi-menace-estrie>
- Roy, S. (2017, 13 juin). Myriophylle à épi : un règlement pour limiter l'apport de sédiments dans le lac des Abénaquis. *En Beauce*. Repéré à <https://www.enbeauce.com/actualites/societe/314896/myriophylle-a-epi-un-reglement-pour-limiter-lapport-de-sediments-dans-le-lac-des-abenaquis>
- Sébire, H. (2015). *La gestion des espèces végétales exotiques envahissantes prioritaires dans les municipalités de l'Estrie* (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2015/Sebire_H__2015-06-12_.pdf
- Smith, C. S. et Barko, J. W. (1990). Ecology of Eurasian Watermilfoil. *The Journal of Aquatic Plant Management*, 28, 55-64. Repéré à <https://www.apms.org/wp/wp-content/uploads/2012/10/v28p55.pdf>
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (s. d.a). Décontamination des bateaux et station de lavage. Repéré à https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/contribute_documents/DG-LS_Decontamination_bateaux_2016.pdf
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (s. d.b). Prévisions budgétaires 2018. Repéré à https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/fr/documents/DG_SA_Prev_budg_2018.pdf
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (2010a). *Règlement de plan d'urbanisme No : 2009-U50*. (Rapport de projet de recherche). Repéré à https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/contribute_documents/DG_UE_Reglement_plan_urbanisme_2009-U50_incluant_plans_mai_2017.pdf
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (2010b). Connaître son installation septique. Repéré à https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/contribute_documents/Depliantinstallationseptique2010.pdf
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (2013). Contribuez-vous à améliorer l'état de santé de votre plan d'eau ? : Bandes riveraines, pesticides et engrais. Repéré à https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/contribute_documents/Depliantbanderiveraine2013.pdf
- Ville de Sainte-Agathe-des-Monts. (2018). Histoire. Repéré à <https://www.ville.sainte-agathe-des-monts.qc.ca/fr/ville-histoire.php>

ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION DU MYRIOPHYLLÉ À ÉPI

Tableau : Synthèse des avantages et des inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi

Stratégies de prévention pour contrer la colonisation	Avantages		Inconvénients
Assurer une communication adéquate entre les divers acteurs et intégrer l'ensemble des intervenants concernés lors de la prise de décisions et créer une association environnementale veillant à la santé du plan d'eau	<ul style="list-style-type: none"> -Favorise la prévention de la colonisation et de la prolifération du myriophylle à épi -Permet de prendre de décisions plus équitables et partagées quant aux actions mises de l'avant face à la problématique du myriophylle à épi -Davantage de ressources disponibles par l'implication de tous les acteurs concernés -Favorise la sensibilisation des usagers (codes d'éthique, dépliants, panneaux informatifs, événements, rencontres, médias, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> -Peu dispendieux -Facile à appliquer par divers acteurs (municipalités, associations, usagers, etc.) -Favorisent l'enseignement de connaissances au public 	<ul style="list-style-type: none"> -Requière des efforts collectifs pour être efficace -Peu ralentir le processus décisionnel et engendrer la mise en place d'actions qui ne sont pas toujours optimales pour résoudre les problèmes en raison des contraintes propres à chaque intervenant
Caractériser la biodiversité indigène du plan d'eau	<ul style="list-style-type: none"> -Favorise l'action préventive individuelle et collective pour détecter la présence ou non de myriophylle à épi 		

Tableau : Synthèse des avantages et des inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi (suite)

Stratégie de prévention pour contrer la colonisation	Avantages	Inconvénients
Créer une station de nettoyage des embarcations et obliger, via la réglementation, les usagers des plans d'eau à nettoyer leurs embarcations à l'entrée et à la sortie du plan d'eau et sensibiliser les usagers	<ul style="list-style-type: none"> -Favorisent l'action individuelle et collective pour prévenir la colonisation du myriophylle à épi -Favorisent le maintien de la santé des écosystèmes aquatiques, le maintien des usages récréatifs et le maintien de la valeur des propriétés riveraines en prévenant les effets néfastes issus de la présence du myriophylle à épi dans les plans d'eau -Favorisent l'enseignement de connaissances au public -Facile à appliquer (codes d'éthique, dépliants, panneaux informatifs, événements, rencontres, médias, etc.) -Applicable par divers acteurs (municipalités, associations, usagers, etc.) -Génère des revenus en cas d'amendes 	<ul style="list-style-type: none"> -Requière des efforts collectifs pour être efficace -Efficacité variable pour prévenir la colonisation du myriophylle à épi selon le respect de la réglementation, le public cible et la réceptivité des gens -Requière un suivi de l'application de la réglementation par les municipalités
Stratégies de prévention pour contrer la prolifération	Avantages	Inconvénients
Caractériser le myriophylle à épi, localiser et cartographier les lieux d'infestation du myriophylle à épi et signaler la présence de l'espèce envahissante à l'aide des divers outils disponibles	<ul style="list-style-type: none"> -Favorisent l'action pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi -Peu dispendieux -Permet de cibler les zones à risque de prolifération du myriophylle à épi -Permet de concentrer et de maximiser les efforts de prévention de l'espèce envahissante à des endroits précis -Facile à appliquer par divers acteurs (municipalités, associations, usagers, etc.) -Favorisent l'enseignement de connaissances au public 	

Tableau : Synthèse des avantages et des inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi (suite)

Stratégies de prévention pour contrer la prolifération	Avantages		Inconvénients
Règlementer la conformité des bandes riveraines, des installations septiques, de l'usage domestique des produits phosphatés et des engrais à proximité du plan d'eau et sensibiliser les propriétaires riverains	<ul style="list-style-type: none"> -Facile à appliquer (codes d'éthique, dépliants, panneaux informatifs, événements, rencontres, médias, etc.) -Applicable par divers acteurs (municipalités, associations, usagers, etc.) -Favorise l'enseignement de connaissances au public -Peu dispendieux -Génère des revenus en cas d'amendes 	<ul style="list-style-type: none"> -Favorisent l'action pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi -Favorisent l'amélioration et le maintien de la santé des écosystèmes aquatiques, le maintien des usages récréatifs et le maintien de la valeur des propriétés riveraines par des actions permettant d'éviter le rejet de nutriments, de phosphore, d'azote et de sels dans les plans d'eau et d'éviter la fragmentation et la distribution des tiges de myriophylle à épi 	<ul style="list-style-type: none"> -Requière des efforts collectifs pour être efficace -Efficacité variable pour prévenir la prolifération du myriophylle à épi selon le respect de la réglementation, le public cible et la réceptivité des gens -Requièrent un suivi de l'application de la réglementation par les municipalités
Interdire ou restreindre, via la réglementation, l'utilisation d'embarcations motorisées sur le plan d'eau et sensibiliser les usagers			
Interdire, via la réglementation, la pratique d'activités récréatives dans les zones infestées par le myriophylle à épi dans le plan d'eau et sensibiliser les usagers			
Appliquer d'autres produits déglacant que des sels sur les routes et les chemins adjacents au plan d'eau	<ul style="list-style-type: none"> -Facile à appliquer par les municipalités 		

Tableau : Synthèse des avantages et des inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi (suite)

Méthodes de contrôle et d'éradication	Avantages	Inconvénients
Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi	<ul style="list-style-type: none"> -Facilement procurable -Peu dispendieux si la superficie à couvrir est petite -Biodégradable (ne requiert pas un retrait lorsque le processus est terminé) -Faible impact environnemental -Efficacité d'éradication démontrée selon une étude réalisée au Québec (le myriophylle à épi a repoussé sur seulement 13 pour cent de la superficie de 6000 mètres carrés de toiles de jute en 3 ans) 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque de prolifération du myriophylle à épi en cas de déchirure des toiles - Courte durée de vie (inefficace après un an et demi) -Requiert un remplacement et un suivi annuel
Installer des barrières en fibre de verre au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi	<ul style="list-style-type: none"> -Longue durée de vie (plus de 15 ans) -Ne requiert pas un remplacement régulier -Rentable économiquement à long terme -Difficilement déchirable ce qui réduit les risques de prolifération du myriophylle à épi 	<ul style="list-style-type: none"> -Dispendieux (près de neuf fois plus que le jute) -Non biodégradable (requiert un retrait lorsque le processus est terminé) -Nécessite un nettoyage annuel à l'extérieur du plan d'eau et une réinstallation
Installer des bâches en géotextile au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi	<ul style="list-style-type: none"> -Durée de vie moyenne (4 à 7 ans) -Moyennement dispendieux si la superficie à couvrir est petite -Efficacité d'éradication démontrée selon une étude réalisée aux États-Unis (Éradication totale du myriophylle à épi en 2 mois et chances de repoussé faibles si le traitement est prolongé) 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque de prolifération du myriophylle à épi en cas de déchirure des toiles -Requiert un entretien et un suivi régulier -Non biodégradable (requiert un retrait lorsque le processus est terminé)

Tableau : Synthèse des avantages et des inconvénients des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi (suite)

Méthodes de contrôle et d'éradication	Avantages	Inconvénients
Arracher les tiges de myriophylle à épi par le faucardage manuel, par des récolteuses mécaniques, par l'action de plongeurs et par des cultivateurs sous-marins	-Favorise la réduction de la densité des grandes superficies de myriophylle à épi	-Généralement non sélectif -Parfois dispendieux -Doit être répété régulièrement durant plusieurs années -Généralement applicable pour de petites superficies de myriophylle à épi présentes dans un plan d'eau ayant une transparence élevée et une faible profondeur -Généralement inefficace -Peut augmenter la prolifération du myriophylle à épi si les tiges sont fragmentées lors de l'arrachage -Génère un brassage des sédiments et une diminution de la qualité de l'eau -Ne permet généralement pas une éradication complète
Générer une inondation ou un rabattement hivernal du plan d'eau	-Favorise le gel ou l'assèchement du myriophylle à épi, pouvant conduire à sa mort -Efficacité d'éradication démontrée selon plusieurs études réalisées aux États-Unis	-Non sélectif (compromet grandement la viabilité de la biodiversité indigène et l'intégrité de l'écosystème) -Requiert un effort et une surveillance continue -Présence d'un barrage nécessaire
Appliquer des herbicides (2,4-D, diquat, etc.) dans les plans d'eau infestés par le myriophylle à épi	-Favorisent la mort du myriophylle à épi -Efficaces pour l'éradication d'une superficie majeure de myriophylle à épi -Peuvent être spécifiques au myriophylle à épi	-Efficacité variable selon la formulation des herbicides et la vulnérabilité des plans d'eau (concentration en calcium, température de l'eau) -Peuvent être efficaces à court terme seulement (le myriophylle à épi repousse après le traitement) -Requière une application annuelle -Génèrent des impacts nocifs sur la biodiversité, les écosystèmes et la qualité de l'eau -Compromettent la pratique d'activités récréatives sur les plans d'eau -Usage fortement réglementé ou interdit au Québec
Introduire le charançon aquatique <i>Euhrychiopsis lecontei</i> dans les plans d'eau infestés par le myriophylle à épi	-Favorise la mort du myriophylle à épi -Permet à la biodiversité indigène de reprendre le dessus	-Pas efficace selon une étude réalisée au Québec -Efficacité variable selon la vulnérabilité des plans d'eau (profondeur d'implantation du myriophylle à épi, température de l'eau, présence de prédateurs du charançon tels que les crapets, présence de feuilles en décomposition et de matière organique en hiver)

ANNEXE 2 : SYNTHÈSE DES FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ DES PLANS D'EAU FACE À LA COLONISATION ET LA PROLIFÉRATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPI

Tableau : Synthèse des facteurs de vulnérabilité des plans d'eau face à la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi

Facteurs de vulnérabilité	
Colonisation du myriophylle à épi	Prolifération du myriophylle à épi
Présence de résidences, de campings, de camps, de motels et d'hôtels aux abords du plan d'eau et du bassin versant	
Présence d'embarcations nautiques possédées par les propriétaires riverains	
Présence d'activités récréatives (baignade, etc.) et nautiques (plaisanciers, pêches, etc.) sur le plan d'eau ou à proximité	
Présence humaine (citoyens, touristes) sur le plan d'eau ou à proximité	
Faible budget municipal consacré au volet environnemental	
Absence d'associations environnementales veillant à la santé du plan d'eau	
Absence de sensibilisation des citoyens et des usagers du plan d'eau	
Absence de caractérisation des plantes aquatiques et du myriophylle à épi dans le plan d'eau	
Plan d'eau localisé sur le territoire de plus d'une municipalité	
Présence d'accès publics ou privés menant au plan d'eau	Présence de myriophylle à épi dans le plan d'eau
Absence de station de nettoyage des embarcations à proximité du plan d'eau	Absence de réglementation interdisant la présence d'embarcations motorisées sur le plan d'eau
Absence de réglementation obligeant les usagers à nettoyer les embarcations à l'entrée et à la sortie du plan d'eau	Absence de réglementation interdisant la navigation dans les zones infestées par le myriophylle à épi sur le plan d'eau

Tableau : Synthèse des facteurs de vulnérabilité des plans d'eau face à la colonisation et la prolifération du myriophylle à épi (suite)

Facteurs de vulnérabilité	
Colonisation du myriophylle à épi	Prolifération du myriophylle à épi
	Absence de réglementation quant à la conformité des bandes riveraines ou des installations septiques
	Absence de réglementation interdisant l'utilisation d'engrais ou de produits phosphatés à usages domestiques à proximité des plans d'eau
	Présence d'activités commerciales, industrielles, agricoles ou forestières aux abords du plan d'eau
	Présence de routes ou de chemin à proximité du plan d'eau
	Utilisation par la municipalité de sels déglaçant sur les routes et les chemins à proximité du plan d'eau
	Superficie du plan d'eau colonisable par les plantes aquatiques élevée (zone peu profonde grande, transparence élevée)
	Présence de ruisseaux se déversant dans le plan d'eau
	Présence de pentes escarpées à proximité du plan d'eau
	Absence du potamot de Robbins et faible biodiversité indigène dans le plan d'eau
	Présence de milieux humides à proximité du plan d'eau
	Temps lent de renouvellement du plan d'eau
	Forte concentration en nutriments, en phosphore ou en azote sédimentaire dans le plan d'eau
	Concentration en sodium élevée dans le plan d'eau
	Concentration en calcium supérieure à 6 milligrammes par litre dans le plan d'eau
	Conductivité spécifique supérieure à 75 μS par centimètre dans le plan d'eau
	Présence d'enclaves calco-silicatées dans le plan d'eau ou dans son bassin versant

ANNEXE 3 : ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC À LA TRUITE ET CHOIX DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À METTRE EN ŒUVRE AU LAC POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi

1- Informations générales sur le plan d'eau		
Nom du plan d'eau : Lac à la Truite		
Type de plan d'eau (lac, étang, rivière, etc.) : lac		
Municipalité(s) dans laquelle(lesquelles) est localisé le plan d'eau : Sainte-Agathe-des-Monts		
Municipalité régionale de comté (MRC) dans laquelle est(sont) localisée(s) la(les) municipalité(s) : MRC des Laurentides		
Région administrative dans laquelle est localisée la MRC : Laurentides		
Altitude du plan d'eau : 388 mètres		
Superficie du plan d'eau : 0,51 kilomètre carré		
Profondeur maximale du plan d'eau : 22,1 mètres		
2- Présence du myriophylle à épi dans le plan d'eau		
La présence du myriophylle à épi a-t-elle été détectée dans le plan d'eau (oui/non) ²¹ : Oui		
3- Colonisation du myriophylle à épi		
3a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la colonisation du myriophylle à épi		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Combien y'a-t-il d'accès publics et partagés pour embarcations nautiques aux abords du plan d'eau?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'accès
Combien y'a-t-il de grandes artères routières (autoroute) à proximité du plan d'eau permettant d'y accéder?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre de grandes artères routières
Y'a-t-il des centres urbains à proximité du plan d'eau permettant d'y accéder?	Non applicable	La vulnérabilité augmente s'il y a présence de centres urbains
Combien y'a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) infestés par le myriophylle à épi en amont du plan d'eau?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires infestés

²¹ Dans le cas où le myriophylle à épi a été détecté dans le plan d'eau, veuillez compléter toutes les sections de l'outil à l'exception de la section 3a. Dans le cas où le myriophylle à épi n'a pas été détecté dans le plan d'eau, veuillez compléter la section 3 uniquement.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

3b- Stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre²²			
	Oui	Non	NSP²³	NA²⁴	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Acteurs décisionnels et groupes d'intervention²⁵								
Y'a-t-il une association environnementale veillant à la santé du plan d'eau?		X			X			
Y'a-t-il une patrouille nautique présente sur le plan d'eau?		X			X			
Critère - Nettoyage des embarcations introduites dans le plan d'eau								
Y'a-t-il une station de nettoyage des embarcations à proximité du plan d'eau?	X					X		
Le nettoyage des embarcations est-il obligatoire avant l'entrée et après la sortie du plan d'eau selon la réglementation?		X			X			
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la colonisation potentielle du myriophylle à épi dans le plan d'eau liée aux embarcations non nettoyées sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?		X			X			
Critère - Biodiversité indigène du plan d'eau								
La flore indigène du plan d'eau a-t-elle été caractérisée?			X				X	
4- Prolifération du myriophylle à épi								
4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi								
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses		Remarques					
Combien y a-t-il d'habitations dans le bassin versant par rapport à la superficie du plan d'eau (hab/km ²)?	914		La vulnérabilité augmente avec le nombre d'habitations (hab/km ²) (faible (0-400), modéré (400-900), élevé (900 et plus)) (CRE Laurentides, 2017b)					
Quelle est la densité d'habitations dans le bassin versant (hab/km ²)?	110		La vulnérabilité augmente avec la densité (hab/km ²) (faible (0-25), modéré (25-50), élevé (50 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)					

²² Les stratégies sont à mettre en œuvre si la réponse à la question est non.

²³ Ne sais pas.

²⁴ Non applicable.

²⁵ Ce critère s'applique également aux stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Quelle est la densité des routes dans le bassin versant (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²))?	5,4	La vulnérabilité augmente avec la densité (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²)) (faible (0-1,5), modéré (1,5-3), élevé (3 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)
Combien y'a-t-il de commerces, de camps, d'auberges, de motels, d'hôtels, de terres agricoles, d'industries, aux abords du plan d'eau?	0	La vulnérabilité augmente avec la multiplication des usages
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques possédées par les propriétaires riverains?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques motorisées possédées par les propriétaires riverains?	0	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations motorisées
L'achalandage des embarcations nautiques sur le plan d'eau en été est-il important?	Oui	La vulnérabilité augmente plus l'achalandage est élevé
Les activités récréatives sur le plan d'eau et ses abords sont-elles fréquentes en été (baignade, plage publique, tourisme-villégiature)?	Oui	La vulnérabilité augmente avec la pratique d'activités récréatives
Quelle est la profondeur moyenne du plan d'eau?	9,4 mètres	La vulnérabilité augmente plus la profondeur moyenne est faible
Quelle est la transparence du plan d'eau?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente plus la transparence est élevée
Quelle proportion de la superficie du plan d'eau est-elle colonisable par les plantes aquatiques (hypsométrie) (faible profondeur, transparence élevée)?	40 pour cent	La vulnérabilité augmente plus la proportion de la superficie colonisable est grande (faible (0-20 pour cent), modéré (25-50 pour cent), élevé (50 pour cent et plus)) (CRE Laurentides, 2017d)
Quelle est la diversité des plantes aquatiques indigènes du lac?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente moins la diversité est élevée (élevé (15 espèces et plus), modéré (10-15 espèces), faible (10 espèces et moins) (CRE Laurentides, 2017a)
Le potamot de Robbins est-il présent dans le plan d'eau?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente en absence du potamot de Robbins
Combien y'a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) en amont du plan d'eau?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires
La concentration en phosphore sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec la concentration en phosphore sédimentaire
La concentration en azote sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec la concentration en azote sédimentaire

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)									
Information requise sur la vulnérabilité		Réponses		Remarques					
Quelle est la concentration en sodium dans le plan d'eau?		49,5 mg/l		La vulnérabilité augmente si la concentration en sodium est supérieur à 10 milligrammes par litre					
Quelle est la concentration en calcium dans le plan d'eau?		14 mg/l		La vulnérabilité augmente si la concentration en calcium est supérieur à 6 milligrammes par litre					
Quelle est la conductivité spécifique dans le plan d'eau et est-elle supérieure à 75 µS par centimètre?		Oui, 727 µS/cm		La vulnérabilité augmente si oui (faible (0-40 µS/cm), modéré (41-125 µS/cm), élevé (125 et plus µS/cm)) (CRE Laurentides, 2017d)					
Y'a-t-il des enclaves calco-silicatées présentes dans le plan d'eau?		Oui		La vulnérabilité augmente plus la présence d'enclaves calco-silicatées est grande					
4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi									
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention			Réponses				Stratégies à mettre en œuvre		
			Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP
Critère - Type d'embarcations naviguant sur le plan d'eau									
L'utilisation d'embarcations motorisées sur le plan d'eau est-elle restreinte selon la réglementation?			X					X	
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?						X			X
Critère - Zones navigables sur le plan d'eau									
La navigation d'embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi sur le plan d'eau est-elle restreinte selon la réglementation?				X			X		
Des bouées ont-elles été installées dans les zones infestées par le myriophylle à épi?				X			X		
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs et par les embarcations sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?				X			X		

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre			
	Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Caractérisation, cartographie et signalisation du myriophylle à épi présent dans le plan d'eau								
Le myriophylle à épi a-t-il été caractérisé et sa répartition a-t-elle été cartographiée sur le plan d'eau?	X					X		
La présence et la localisation des herbiers et des tiges de myriophylle à épi dans le plan d'eau ont-elles été signalées?	X					X		
Critère - Concentration en nutriments et en phosphore et en azote sédimentaire dans le plan d'eau								
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder une bande riveraine naturelle ayant une largeur qui varie entre 10 et 15 mètres selon la pente?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder un accès au lac ayant une largeur maximale allant jusqu'à 5 mètres?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à végétaliser leurs bandes riveraines avec des espèces végétales permises?	X					X		
La réglementation interdit-elle aux propriétaires riverains l'artificialisation des bandes riveraines?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle aux propriétaires riverains d'effectuer la vidange régulière de leur installation septique?	X					X		
L'usage d'engrais est-il interdit selon la réglementation près du plan d'eau?	X					X		
L'usage de produits domestiques phosphatés est-il interdit selon la réglementation à proximité du plan d'eau?	X					X		
Critère - Concentration en sodium dans le plan d'eau								
Y'a-t-il des mesures entreprises afin de minimiser l'utilisation de sels déglacant dans le bassin versant du plan d'eau?		X			X			

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac à la Truite et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

5- Contrôle et éradication du myriophylle à épi						
Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi	Méthodes effectuées		Méthodes applicables ²⁶		Méthodes recommandées ²⁷	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ²⁸		X	X		X	
Installer des barrières en fibre de verre au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ²⁹		X		X		X
Installer des bâches en géotextile au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ³⁰		X	X		X	
Arracher les tiges de myriophylle à épi par le faucardage manuel, des récolteuses mécaniques, des cultivateurs sous-marins et l'action de plongeurs ³¹		X	X			X
Générer une inondation ou un rabattement hivernal du plan d'eau ³²		X		X		X
Appliquer des herbicides (2,4-D, diquat, etc.) dans le plan d'eau ³³		X		X		X
Introduire le charançon aquatique <i>Euhrychiopsis lecontei</i> dans le plan d'eau ³⁴		X		X		X

²⁶ Une méthode est considérée applicable en raison de sa faisabilité telle qu'expliquée dans les notes 28 à 34.

²⁷ Les méthodes peuvent être recommandées uniquement si elles ont été considérées d'une part, applicables et d'autre part, en fonction d'une analyse du contexte du plan d'eau ainsi que des avantages et des inconvénients des méthodes de contrôle et d'éradication (réf. : tableau de l'Annexe 1). Il est à noter que l'applicabilité et la recommandation des méthodes sont déterminées suite à l'analyse d'études existantes qui n'ont pas été testées par l'auteur de l'essai et qui ne l'engagent en rien.

²⁸ Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

²⁹ Davantage applicable si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important et si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

³⁰ Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

³¹ Davantage applicable si la densité et la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau sont grandes et si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important.

³² Possiblement applicable uniquement si un barrage est présent sur le plan d'eau.

³³ Au Québec, cette pratique n'est pas applicable puisqu'elle est interdite en vertu du Code de Gestion des pesticides.

³⁴ Possiblement applicable uniquement si la présence d'espèces de crapets n'a jamais été répertoriée sur le plan d'eau.

ANNEXE 4 : ÉVALUATION DES VULNÉRABILITÉS DU LAC QUENOUILLE ET CHOIX DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION ET DES MÉTHODES DE CONTRÔLE ET D'ÉRADICATION À METTRE EN ŒUVRE AU LAC POUR LUTTER CONTRE LE MYRIOPHYLLE À ÉPI

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi

1- Informations générales sur le plan d'eau		
Nom du plan d'eau : Lac Quenouille Type de plan d'eau (lac, étang, rivière, etc.) : lac Municipalité(s) dans laquelle(lesquelles) est localisé le plan d'eau : Lac-Supérieur, Val-des-Lacs et Sainte-Agathe-des-Monts Municipalité régionale de comté (MRC) dans laquelle est(sont) localisée(s) la(les) municipalité(s) : MRC des Laurentides Région administrative dans laquelle est localisée la MRC : Laurentides Altitude du plan d'eau : 396,4 mètres Superficie du plan d'eau : 2,56 kilomètre carré Profondeur maximale du plan d'eau : 19,1 mètres		
2- Présence du myriophylle à épi dans le plan d'eau		
La présence du myriophylle à épi a-t-elle été détectée dans le plan d'eau (oui/non) ³⁵ ? Oui		
3- Colonisation du myriophylle à épi		
3a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la colonisation du myriophylle à épi		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Combien y'a-t-il d'accès publics et partagés pour embarcations nautiques aux abords du plan d'eau?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'accès
Combien y'a-t-il de grandes artères routières (autoroute) à proximité du plan d'eau permettant d'y accéder?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre de grandes artères routières
Y'a-t-il des centres urbains à proximité du plan d'eau permettant d'y accéder?	Non applicable	La vulnérabilité augmente s'il y a présence de centres urbains
Combien y'a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) infestés par le myriophylle à épi en amont du plan d'eau?	Non applicable	La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires infestés

³⁵ Dans le cas où le myriophylle à épi a été détecté dans le plan d'eau, veuillez compléter toutes les sections de l'outil à l'exception de la section 3a. Dans le cas où le myriophylle à épi n'a pas été détecté dans le plan d'eau, veuillez compléter la section 3 uniquement.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

3b- Stratégies de prévention face à la colonisation du myriophylle à épi								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre³⁶			
	Oui	Non	NSP³⁷	NA³⁸	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Acteurs décisionnels et groupes d'intervention³⁹								
Y'a-t-il une association environnementale veillant à la santé du plan d'eau?	X					X		
Y'a-t-il une patrouille nautique présente sur le plan d'eau?		X			X			
Critère - Nettoyage des embarcations introduites dans le plan d'eau								
Y'a-t-il une station de nettoyage des embarcations à proximité du plan d'eau?	X					X		
Le nettoyage des embarcations est-il obligatoire avant l'entrée et après la sortie du plan d'eau selon la réglementation?		X			X			
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la colonisation potentielle du myriophylle à épi dans le plan d'eau liée aux embarcations non nettoyées sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d'éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d'eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?	X ⁴⁰				X			
Critère - Biodiversité indigène du plan d'eau								
La flore indigène du plan d'eau a-t-elle été caractérisée?	X					X		
4- Prolifération du myriophylle à épi								
4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi								
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses		Remarques					
Combien y a-t-il d'habitations dans le bassin versant par rapport à la superficie du plan d'eau (hab/km ²)?	132		La vulnérabilité augmente avec le nombre d'habitations (hab/km ²) (faible (0-400), modéré (400-900), élevé (900 et plus)) (CRE Laurentides, 2017b)					
Quelle est la densité d'habitations dans le bassin versant (hab/km ²)?	21		La vulnérabilité augmente avec la densité (hab/km ²) (faible (0-25), modéré (25-50), élevé (50 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)					

³⁶ Les stratégies sont à mettre en œuvre si la réponse à la question est non.

³⁷ Ne sais pas.

³⁸ Non applicable.

³⁹ Ce critère s'applique également aux stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi.

⁴⁰ À améliorer.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d'eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)		
Information requise sur la vulnérabilité	Réponses	Remarques
Quelle est la densité des routes dans le bassin versant (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²))?	1,5	La vulnérabilité augmente avec la densité (longueur des routes/superficie du bassin versant (km/km ²)) (faible (0-1,5), modéré (1,5-3), élevé (3 et plus)) (M. Laniel, courriel, 5 mai 2018)
Combien y'a-t-il de commerces, de camps, d'auberges, de motels, d'hôtels, de terres agricoles, d'industries, aux abords du plan d'eau?	Au moins 3	La vulnérabilité augmente avec la multiplication des usages
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques possédées par les propriétaires riverains?	55	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations
Combien y'a-t-il d'embarcations nautiques motorisées possédées par les propriétaires riverains?	Plus de 37	La vulnérabilité augmente avec le nombre d'embarcations motorisées
L'achalandage des embarcations nautiques sur le plan d'eau en été est-il important?	Oui	La vulnérabilité augmente plus l'achalandage est élevé
Les activités récréatives sur le plan d'eau et ses abords sont-elles fréquentes en été (baignade, plage publique, tourisme-villégiature)?	Oui	La vulnérabilité augmente avec la pratique d'activités récréatives
Quelle est la profondeur moyenne du plan d'eau?	3,3 mètres	La vulnérabilité augmente plus la profondeur moyenne est faible
Quelle est la transparence du plan d'eau?	2,8 mètres	La vulnérabilité augmente plus la transparence est élevée
Quelle proportion de la superficie du plan d'eau est-elle colonisable par les plantes aquatiques (hypsométrie) (faible profondeur, transparence élevée)?	77 pour cent	La vulnérabilité augmente plus la proportion de la superficie colonisable est grande (faible (0-20 pour cent), modéré (25-50 pour cent), élevé (50 pour cent et plus)) (CRE Laurentides, 2017d)
Quelle est la diversité des plantes aquatiques indigènes du lac?	Élevée	La vulnérabilité augmente moins la diversité est élevée (élevé (15 espèces et plus), modéré (10-15 espèces), faible (10 espèces et moins) (CRE Laurentides, 2017a)
Le potamot de Robbins est-il présent dans le plan d'eau?	Oui	La vulnérabilité augmente en absence du potamot de Robbins
Combien y'a-t-il de tributaires dans le bassin versant (ruisseaux, rivières, lacs) en amont du plan d'eau?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec le nombre de tributaires
La concentration en phosphore sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec la concentration en phosphore sédimentaire
La concentration en azote sédimentaire du plan d'eau est-elle grande?	Ne sais pas	La vulnérabilité augmente avec la concentration en azote sédimentaire

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4a- Vulnérabilité du plan d’eau face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)											
Information requise sur la vulnérabilité		Réponses		Remarques							
Quelle est la concentration en sodium dans le plan d’eau?		2,55 mg/l		La vulnérabilité augmente si la concentration en sodium est supérieur à 10 milligrammes par litre							
Quelle est la concentration en calcium dans le plan d’eau?		4,25 mg/l		La vulnérabilité augmente si la concentration en calcium est supérieur à 6 milligrammes par litre							
Quelle est la conductivité spécifique dans le plan d’eau et est-elle supérieure à 75 µS par centimètre?		Ne sais pas		La vulnérabilité augmente si oui (faible (0-40 µS/cm), modéré (41-125 µS/cm), élevé (125 et plus µS/cm)) (CRE Laurentides, 2017d)							
Y’a-t-il des enclaves calco-silicatées présentes dans le plan d’eau?		Oui		La vulnérabilité augmente plus la présence d’enclaves calco-silicatées est grande							
4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi											
Questions permettant d’identifier les stratégies de prévention				Réponses				Stratégies à mettre en œuvre			
				Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Type d'embarcations naviguant sur le plan d'eau											
L’utilisation d’embarcations motorisées sur le plan d’eau est-elle restreinte selon la réglementation?					X			X			
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d’éthique, panneaux informatifs aux abords du plan d’eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?				X ⁴¹				X			
Critère - Zones navigables sur le plan d'eau											
La navigation d’embarcations dans les zones infestées par le myriophylle à épi sur le plan d’eau est-elle restreinte selon la réglementation?					X			X			
Des bouées ont-elles été installées dans les zones infestées par le myriophylle à épi?				X					X		
Des mesures de sensibilisation auprès des usagers expliquant la prolifération potentielle du myriophylle à épi liée à la fragmentation des tiges causées par les hélices des moteurs et par les embarcations sont-elles effectuées (dépliants, sites web, médias, code d’éthique, panneaux informatifs près du plan d’eau et aux accès publics, évènements, rencontres)?				X ⁴¹				X			

⁴¹ À améliorer.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

4b- Stratégies de prévention face à la prolifération du myriophylle à épi (suite)								
Questions permettant d'identifier les stratégies de prévention	Réponses				Stratégies à mettre en œuvre			
	Oui	Non	NSP	NA	Oui	Non	NSP	NA
Critère - Caractérisation, cartographie et signalisation du myriophylle à épi présent dans le plan d'eau								
Le myriophylle à épi a-t-il été caractérisé et sa répartition a-t-elle été cartographiée sur le plan d'eau?	X ⁴²				X			
La présence et la localisation des herbiers et des tiges de myriophylle à épi dans le plan d'eau ont-elles été signalées?	X					X		
Critère - Concentration en nutriments et en phosphore et en azote sédimentaire dans le plan d'eau								
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder une bande riveraine naturelle ayant une largeur qui varie entre 10 et 15 mètres selon la pente?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à posséder un accès au lac ayant une largeur maximale allant jusqu'à 5 mètres?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle les propriétaires riverains à végétaliser leurs bandes riveraines avec des espèces végétales permises?	X					X		
La réglementation interdit-elle aux propriétaires riverains l'artificialisation des bandes riveraines?	X					X		
La réglementation oblige-t-elle aux propriétaires riverains d'effectuer la vidange régulière de leur installation septique?	X ⁴³					X		
L'usage d'engrais est-il interdit selon la réglementation près du plan d'eau?	X					X		
L'usage de produits domestiques phosphatés est-il interdit selon la réglementation à proximité du plan d'eau?			X ⁴⁴				X	
Critère - Concentration en sodium dans le plan d'eau								
Y'a-t-il des mesures entreprises afin de minimiser l'utilisation de sels déglacant dans le bassin versant du plan d'eau?		X			X			

⁴² À compléter.

⁴³ Information non disponible pour la municipalité de Val-des-Lacs.

⁴⁴ Information disponible (Oui) uniquement pour la municipalité de Sainte-Agathe-des-Monts.

Tableau : Évaluation des vulnérabilités du lac Quenouille et choix des stratégies de prévention et des méthodes de contrôle et d'éradication à mettre en œuvre au lac pour lutter contre le myriophylle à épi (suite)

5- Contrôle et éradication du myriophylle à épi						
Méthodes de contrôle et d'éradication du myriophylle à épi	Méthodes effectuées		Méthodes applicables ⁴⁵		Méthodes recommandées ⁴⁶	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Installer des bâches avec des toiles en jute biodégradable au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ⁴⁷		X	X		X	
Installer des barrières en fibre de verre au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ⁴⁸		X		X		X
Installer des bâches en géotextile au fond du plan d'eau sur les superficies couvertes par le myriophylle à épi ⁴⁹		X	X		X	
Arracher les tiges de myriophylle à épi par le faucardage manuel, des récolteuses mécaniques, des cultivateurs sous-marins et l'action de plongeurs ⁵⁰	X		X			X
Générer une inondation ou un rabattement hivernal du plan d'eau ⁵¹		X	X			X
Appliquer des herbicides (2,4-D, diquat, etc.) dans le plan d'eau ⁵²		X		X		X
Introduire le charançon aquatique <i>Euhrychiopsis lecontei</i> dans le plan d'eau ⁵³		X		X		X

⁴⁵ Une méthode est considérée applicable en raison de sa faisabilité telle qu'expliquée dans les notes 47 à 53.

⁴⁶ Les méthodes peuvent être recommandées uniquement si elles ont été considérées d'une part, applicables et d'autre part, en fonction d'une analyse du contexte du plan d'eau ainsi que des avantages et des inconvénients des méthodes de contrôle et d'éradication (réf. : tableau de l'Annexe 1). Il est à noter que l'applicabilité et la recommandation des méthodes sont déterminées suite à l'analyse d'études existantes qui n'ont pas été testées par l'auteur de l'essai et qui ne l'engagent en rien.

⁴⁷ Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

⁴⁸ Davantage applicable si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important et si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

⁴⁹ Davantage applicable si la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau est petite.

⁵⁰ Davantage applicable si la densité et la superficie couverte par les herbiers ou les tiges individuelles de myriophylle à épi dans le plan d'eau sont grandes et si le budget consacré au volet environnemental de(s) la municipalité(s) est important.

⁵¹ Possiblement applicable uniquement si un barrage est présent sur le plan d'eau.

⁵² Au Québec, cette pratique n'est pas applicable puisqu'elle est interdite en vertu du Code de Gestion des pesticides.

⁵³ Possiblement applicable uniquement si la présence d'espèces de crapets n'a jamais été répertoriée sur le plan d'eau.